Preis 3 kr. (N° 132.) oder 1 Ngr.

Wochenbände

für das

geistige und materielle Wohl

des

deutschen Volkes.

Herausgegeben

von der

Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher.

Mit einer Menge von Abbildungen.

Der Galvanismus.

In zwei Theilen.

I.

Stuttgart, 1847.

Die Expedition der Wochenbände.

Darstellung

des

Galvanismus

von

P. M. Roget,
Sekretär der Königl. Gesellschaft.

Herausgegeben

von der

Gesellschaft zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse.

Aus dem Englischen

von

Dr. Franz Kottenkamp.

Mit vielen Abbildungen.

Stuttgart:
Die Expedition der Wochenbände.
1847.

Druck von Scheible, Rieger & Sattler in Stuttgart.

Erstes Kapitel.

Ursprung des Galvanismus.

1. Der Ausdruck Galvanismus wird gebraucht, um eine besondere Form elektrischer Wirksamkeit anzugeben, welche, unter besonderen Umständen erregt, gewisse Wirkungen auf die Körper hervorbringt, die aus den gewöhnlichen Erregungsarten nicht hervorgehen. Die erste Angabe, die wir über eine Erscheinung finden, welche sich auf diesen Zweig der Elektrizität bezieht, findet sich in der „Theorie der schönen Künste" des deutschen Gelehrten Sulzer, welche 1767 herauskam; dieser nämlich bemerkte, daß man einen besonderen Geschmack empfinde, wenn man zwei Metalle, das eine über und das andere unter die Zunge lege und alsdann beide zusammenbringe. Er schrieb dies Gefühl einer schwingenden Bewegung zu, welche durch Berührung der Metalle erregt und den Nerven der Zunge mitgetheilt werde. Mit dieser unbestimmten und phantastischen Erklärung scheint Sulzer zufrieden gewesen zu sein und seine Untersuchungen nicht weiter fortgesetzt zu haben. Die merkwürdige von ihm beobachtete Thatsache blieb mehre Jahre unbeachtet, bis die Aufmerksamkeit aller Physiker durch Galvani erregt wurde. Wichtige Entdeckungen in den Naturwissenschaften scheinen oft aus Zufall zu entstehen; man findet aber immer, daß dabei eine tiefe Uebung des Denkvermögens wirksam war; sowie die Fruchtbarkeit des Bodens eine wesentliche Bedingung für die Keimung und den Wuchs der Saat bildet,

welche der Wind über die Oberfläche zerstreut hat, so erlangt eine Beobachtung hauptsächlich durch die Geistesvermögen des Beobachters ihren Werth und kann sich dadurch zu einem wichtigen Zweig der Wissenschaft ausdehnen. Dies hat sich in auffallender Weise im Ursprung des Galvanismus erwiesen. Der Entdecker desselben, Galvani, war Professor der Anatomie in Bologna und hatte sich früh durch seine Kenntnisse, seinen Eifer für seine Wissenschaft und besonders für vergleichende Anatomie ausgezeichnet. Im Jahre 1790 hatte seine Frau, welche an der Schwindsucht litt, sich als Stärkungsmittel Suppe aus dem Fleisch von Fröschen bereiten lassen. Einige dieser Thiere, kürzlich zu dem Zweck abgehäutet, lagen auf einem Tisch im Laboratorium dicht bei einer Elektrisirmaschine, womit ein Schüler des Professors zu seinem Vergnügen Versuche machte. Während die Maschine in Thätigkeit war, berührte derselbe zufällig den nackten Nerv vom Beine eines Frosches mit der Klinge eines Messers, das er in der Hand hielt, worauf das ganze Glied plötzlich in die heftigsten Zuckungen gerieth. Galvani war nicht gegenwärtig als dies vorging, erhielt aber einen Bericht von seiner Frau, auf welche die Eigenthümlichkeit der Erscheinung einen starken Eindruck gemacht hatte. Er verlor keinen Augenblick, um den Versuch zu wiederholen und genau alle damit verknüpften Umstände zu untersuchen und diejenigen zu bestimmen, wovon der Erfolg abhing. Er erkannte, daß die Zuckungen nur im Augenblick stattfanden, worin ein Funke aus dem Hauptconduktor gezogen war und wenn das Messer zugleich mit dem Nerv des Frosches in Berührung stand. Er fand hierauf, daß andere metallische Körper an die Stelle des Messers gesetzt werden konnten und schloß daraus sehr richtig, daß sie diese Eigenschaft, Muskelzusammenziehungen zu erregen, dem Umstande verdankten, daß sie gute Elektrizitätsleiter waren.

2. Mit diesem Schluß durchaus nicht zufrieden, ward er zu weiterer Erforschung dieses merkwürdigen Umstandes angeregt und seine Ausdauer ward zuletzt durch die Entdeckung belohnt, daß ähnliche Zuckungen sich in einem Frosche unabhängig von der elektrischen Maschine erzeugen ließen, wenn man eine Kette leitender Substanzen zwischen der Außenseite der Muskel des Beines und dem Schenkelnerven bilde. Galvani hatte vorher den Gedanken gehegt, daß die Zusammenziehung der Muskeln von Thieren in derselben Weise von Elektrizität abhängt; da erneute Versuche diese

Vermuthungen sehr zu begünstigen schienen, so verwandte er allen seinen Scharfsinn auf deren Erklärung. Er verglich den Muskel eines lebendigen Thieres mit einer Leydener Flasche, die mit angehäufter Elektrizität an der Oberfläche geladen war und dachte dabei, der demselben angehörige Nerv vollbringe die Verrichtung des Drahtes, der mit dem Innern der Flasche in Verbindung steht, welche natürlich negativ geladen werden würde; wenn in diesem Zustand eine Mittheilung durch einen Stoff von hohem Leitungsvermögen zwischen der Oberfläche des Muskels und des Nervs gemacht werde, sei das Gleichgewicht sogleich hergestellt und eine plötzliche Zusammenziehung der Fasern werde die Folge sein.

3. Sobald Galvani's Entdeckungen bekannt wurden, erregten sie allgemeines Interesse, und Physiker in jedem Lande Europa's wetteiferten mit einander, um seine Versuche zu wiederholen, dieselben auf jede mögliche Weise zu vervielfachen und die Erscheinungen durch allerlei Vermuthungen zu erklären. Einige betrachteten sie als die Wirkungen einer neuen unbekannten Kraft, während Andere die Meinung Galvani's annahmen und dieselben als elektrisch anerkannten, jedoch sie einer besonderen Art dieser Kraft zuschrieben, die allein in dem thierischen System ihren Sitz haben sollte und der sie deßhalb den Namen thierische Elektrizität ertheilten. Die Entdeckung neuerer Thatsachen wirkte immer mehr darauf hin, die Aehnlichkeit zwischen Galvanismus und Elektrizität herauszustellen, bis zuletzt aller Zweifel über die Gleichheit der Kraft, welche bei allen diesen Erscheinungen betheiligt ist, durch die Entdeckung der Galvanischen oder Volta'schen Säule entfernt wurde. Welchen Antheil auch der Zufall bei der ursprünglichen Entdeckung Galvani's gehabt haben mag, so ist es gewiß, daß die Erfindung der Säule nur das Resultat des Nachdenkens war — ein Instrument, welches wesentlich dazu beigetragen hat, die Kenntniß dieses Zweiges der Physik zu erweitern. Volta, Professor in Pavia, ein den Elektrikern schon bekannter Name, wurde zu Entdeckung ihrer Eigenschaften durch tiefes Nachsinnen über die Entwicklung der Elektrizität an der Berührungsoberfläche verschiedener Metalle geleitet. Wir müssen diese Entdeckung zugleich als die Bildung einer wichtigen Epoche in der Geschichte der Physik betrachten; auch seit der Zeit sind die Ausdrücke Voltaismus und Volta'sche Elektrizität zu Ehren des erlauchten Naturforschers oft angewandt worden, um jene Form elektrischer Wirksamkeit zu bezeichnen, von der wir gegenwärtig

handeln. Bevor wir zu einer Darstellung einzelner Thatsachen, welche hierauf Bezug haben, übergehen, und bevor wir die Theorien darlegen, die zur Erklärung aufgestellt wurden, ist es nothwendig, daß wir unsere Aufmerksamkeit auf die Anordnung von Körpern richten, welche die Quellen der Galvanischen Kraft bilden.

Zweites Kapitel.

Einfache galvanische Kette.

4. Das gewöhnlich gebrauchte Verfahren zur Erlangung galvanischer Elektrizität besteht darin, daß zwischen zwei Platten verschiedener Arten Metall eine Flüssigkeit eindringt, die eine chemische Wirkung auf eine der Platten übt, während dieselbe keine Wirkung oder wenigstens eine verschiedene auf die andere Platte übt; alsdann bringt man eine Verbindung zwischen den Platten an irgend einem andern Theil zu Stande, entweder durch die direkte Berührung mit einander oder durch das Dazwischenkommen von leitenden Stoffen. Man nehme z. B. eine Zinkplatte Z und eine Kupferplatte C (Figur 1) und tauche dieselben bis auf eine gewisse Tiefe in verdünnte Schwefelsäure A, die sich in einem Geschirr befindet, wobei

Fig. 1.

man die unteren Ränder der Platten etwas aus einander hält; alsdann neige man sie gegen einander, bringe die oberen Ränder, die außerhalb der Flüssigkeit sich befinden, in Verbindung, wie in der Figur dargestellt ist. Die so gemachte Anordnung bildet eine sogenannte galvanische Kette in ihrer einfachsten Form, deren drei Theile oder Elemente Zink, Säure und Kupfer sind; ein jeder dieser Körper ist mit den beiden andern in Berührung. Unter diesen Umständen findet man, daß ein Betrag von Elektrizität in Bewegung gesetzt wird; ein fortlaufender Strom elektrischer Flüssigkeit geht vom Zink zur Säure, von der Säure zum Kupfer, vom Kupfer wieder zum Zink zurück u. s. w. in einem fortwährenden Kreislauf. So wenigstens wird die Erklärung der Erscheinung nach Franklins Theorie sein. Wenn aber die Theorie du Fay's von zwei Flüssigkeiten angenommen wird, so kann sich das Angegebene nur auf den Strom von Glaselektrizität beziehen. Nun besteht nach dieser Theorie eine jede solche Uebertragung von Elektrizität in dem Austausch solcher Flüssigkeiten; der so eben erwähnte Strom von Glaselektrizität muß deßhalb nothweudig von einem Strom Harzelektrizität begleitet sein, d. h. von einem Strom, der vom Zink zum Kupfer, von dem Kupfer zur Säure und von der Säure zum Zink fließt. In unseren späteren Erklärungen der Erscheinung des Galvanismus ist es deßhalb hinreichend, daß wir nur den ersteren dieser Ströme erwähnen, vorausgesetzt, wir beachten, daß die Uebertragung eines Betrages Glaselektrizität in gegebener Richtung die Uebertragung eines gleichen Betrages Harzelektrizität in entgegengesetzter Richtung mit inbegreift.

5. Dieselben Wirkungen werden stattfinden, wenn die Mittheilung zwischen den Metallplatten, statt daß sie in Berührung kommen, durch Drähte (Fig. 2.) geschieht, die sich von einem zum andern ausdehnen. Der Umlauf der Elektrizität wird so verlängert werden, und die Strömungen werden sich in derselben Richtung wie zuvor bewegen; der Kreislauf der positiven Elektrizität ist in der Figur durch die Richtung der Pfeile angezeigt, nämlich in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer und in den Drähten von Kupfer zum Zink. Die Vervollständigung des Umlaufes vermittelst der Drähte befähigt uns, den elektrischen Strom durch solche Körper zu leiten, die wir seiner Einwirkung aussetzen wollen und ertheilt uns zu gleicher Zeit das Vermögen, die Mittheilung zwischen den beiden Metallplatten nach Belieben

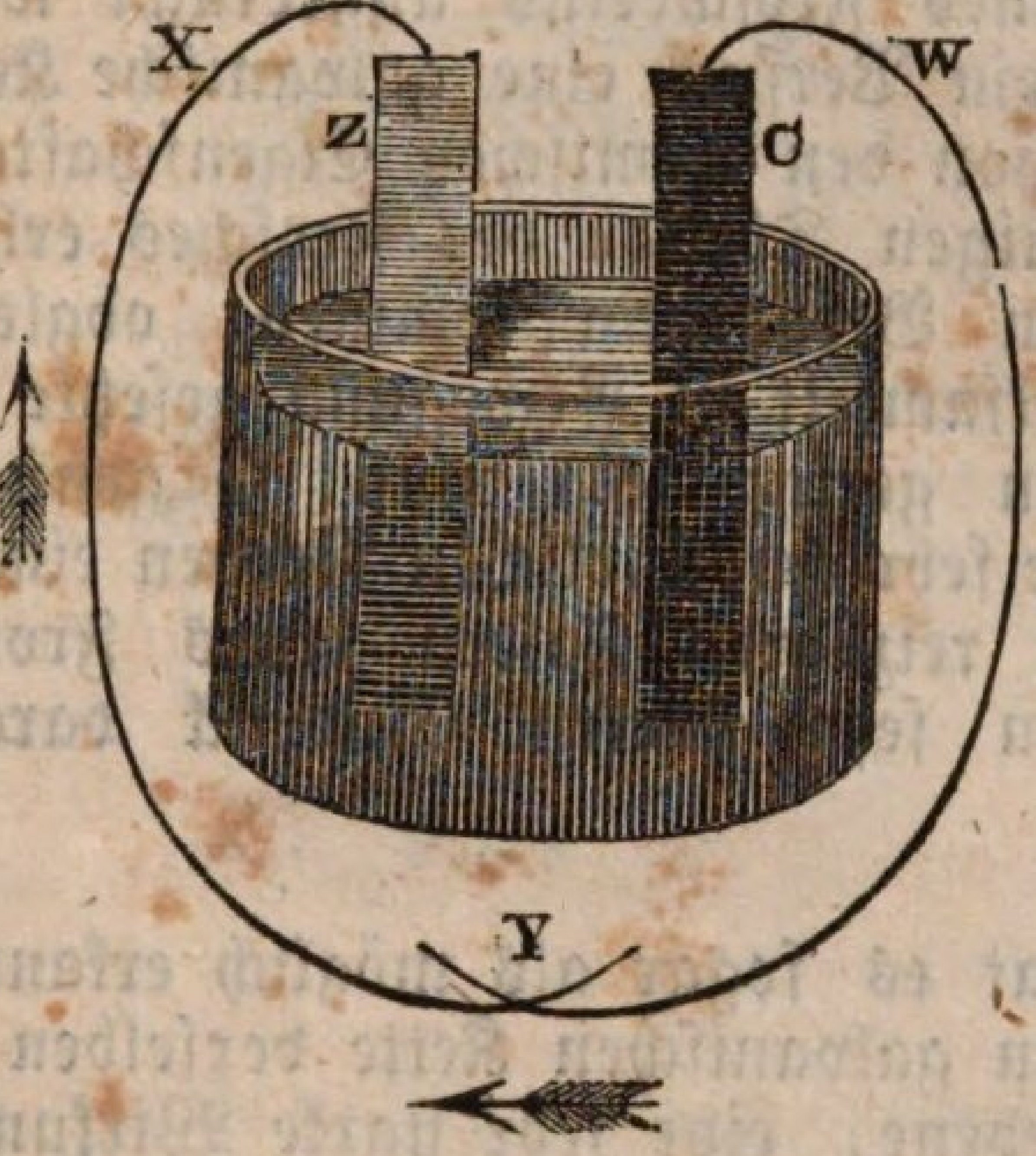

Fig. 2.

zu unterbrechen oder zu erneuern, indem wir die entfernten Enden bei Y zusammenbringen oder trennen. In der Vereinigung theilt der Draht W, welcher von der Kupferplatte C ausgeht, Elektrizität dem Drahte X mit, welcher die Zinkplatte Z berührt; deßhalb wird der erstere als in einen positiven, der letztere als in einem negativen Zustand betrachtet.

6. Die elektrischen Wirkungen der einfachen so eben beschriebenen Vorrichtung sind im Allgemeinen zu schwach, um anders, als mit sehr empfindlichen Probirmitteln erkannt zu werden; die von Sulzer erwähnte Thatsache und Galvani's Versuch mit den Muskeln eines Frosches, bieten jedoch in ihrer ursprünglichen Form Beispiele von der Wirksamkeit einfacher galvanischer Ketten. Wenn die Zunge zwischen Zink und Kupfer gelegt wird, so thut der Speichel in Berührung mit den Metallen dasselbe, was die Säure in dem oben erwähnten Versuch vollbringt, und der Strom der Elektrizität wirkt im Durchgang vom Zink zum Kupfer durch die Substanz der Zunge auf die Nerven dieses Organes ein, so daß ein Gefühl des Geschmacks entsteht. Bei Galvani's Versuch entstanden Muskelzusammenziehungen, durch die Herstellung einer Verbindung zwischen zwei verschiedenen Metallen, wovon eins an die Nerven und das andere an

die Muskeln eines Froschbeins angebracht wurde. Es ist klar, daß solch ein Versuch eine galvanische Kette bildet, die ihre Thätigkeit von den chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten in denjenigen Theilen des Frosches erlangt, die mit den Metallen in Berührung kommen; obgleich der durch diese leichte Wirksamkeit in Bewegung gesetzte Betrag Elektrizität ungemein gering sein muß, so genügt er dennoch, wenn er über die sehr empfindlichen Nerven einer Zunge oder durch die höchst reizbaren Fasern eines Frosches hindurch geht, um einen sehr starken Eindruck darauf hervorzubringen.

7. Man hat es sogar als möglich erkannt, vermittelst einer sehr kleinen galvanischen Kette derselben einfachen Art wie die beschriebene, eine sehr starke Wirkung des Galvanismus hervorzurufen, z. B. die Temperatur des Drahtes, der sie leitet, zur Rothglut zu erheben. Wir verdanken dem Scharfsinn des Dr. Wollaston die Erfindung einer Vorrichtung, die er elementare galvanische Batterie nennt, welche diese Wirkung hervorzurufen vermag. Er fand, daß eine einzige Zinkplatte von der Größe eines Quadratzolles, wenn man sie gehörig aufstellt und in verdünnter Schwefelsäure zwischen zwei Kupferplatten ähnlichen Umfangs aufhängt, mehr als genügend sei, um einen Platinadraht von einem $^3/_{1000}$ Zoll Durchmesser glühend zu machen, welcher einen Theil der Verbindung zwischen beiden Metallen bildete.

8. Man wird sehr leicht begreifen, daß man durch Vermehrung der Größe der Platten deren Kraft verhältnißmäßig steigert. Die erste Batterie dieser Art in sehr großem Maßstabe war die von Hare, Professor der Chemie in Philadelphia, verfertigte, die er Calorimotor wegen ihres auffallenden Vermögens, Wärme zu erzeugen, nannte. Dieser Calorimotor bestand aus Plättchen Zink und Kupfer, die in Windungen zusammengerollt waren, so daß sie sich einander umkreisten und allein Zwischenräume von $1^1/_4$ Zoll hatten; diese Vorrichtung ist in Figur 3 dargestellt, welche einen horizontalen Durchschnitt der übereinander gelegten und gebogenen Platten bildet. Die dicke Linie Z stellt das Zink und die dünnere Linie C das Kupfer dar. Dies Zinkblech war 9 Zoll lang und 6 Zoll dick, das Kupfer 14 Zoll lang und 6 Zoll dick; bei dem letzteren Metall wurde mehr erheischt, da es bei jeder Windung innerhalb des Zinkes anfangen und es vollkommen an der Außenseite umgeben mußte. Jede Windung

Fig. 3.

hatte 2½ Zoll Durchmesser; die Zahl aller betrug 80; diese ließen sich vermittelst eines Hebels in demselben Augenblick in eben so viele Glasgeschirre legen, die 2¾ Zoll inneren Durchmesser und 8 Zoll Höhe hatten, wobei sie in der Art gestellt waren, daß sie dieselben empfangen und die Säure enthalten konnten, die auf das Zink einwirken sollte.

9. Zu der Klasse der einfachen galvanischen Ketten läßt sich auch die prächtige Batterie rechnen, die dem Londoner Institut gehört und unter der Leitung von Pepys verfertigt wurde. Sie besteht nur aus zwei Platten, die eine aus Zink, die andere aus Kupfer, die um einen Holzcylinder gewickelt sind und deren Berührung durch Pferdehaar, einen nichtleitenden Körper, verhindert ist, das an verschiedenen Orten zwischen ihnen liegt. Die Länge jeder Platte ist 60 Fuß und die Breite 2 Fuß; die ganze Oberfläche ist 400 Quadratfuß. Zur Ladung dieser Batterie wird die ganze Vorrichtung in eine Tonne voll Säure mit gehöriger Kraft eingetaucht.

Drittes Kapitel.

Zusammengesetzte galvanische Ketten.

10. Viele Wirkungen des Galvanismus erheischen zu ihrer Erzeugung den verbundenen Einfluß einer Anzahl Platten, die so angeordnet sind, daß sie eine sogenannte zusammengesetzte galvanische Kette bilden. Zu dieser Klasse gehört die galvanische Säule, welche Volta entdeckte und die er in einer Schrift ankündigte, welche er 1800 der Londoner Gesellschaft übersandte; er war durch die Theorie zu dem Gedanken geleitet worden, daß die Wirkung eines einzelnen Paars Metallplatten unendlich vermehrt werden könnte, wenn man deren Zahl vervielfacht und sie in Paaren mit einer weniger vollkommen leitenden Substanz anordne, welche zwischen jedem Paare aufeinander liegen würde. Zu dem Zweck versah er sich mit einer gleichen Zahl Silbermünzen und Zinkplatten, von derselben Form und Umfang, ferner auch mit runden Karten- oder Pappblättern, die in Salzwasser erweicht und von etwas geringerem Umfang wie die Metallplatten waren. Hieraus bildete er eine Säule, wie sie Figur 4 zeigt, worin die drei Stoffe, Silber, Zink und die erste Pappkarte mit den Buchstaben S Z W bezeichnet sind. Alle drei folgten auf einander in derselben regelmäßigen Ordnung die ganze Reihe hindurch. Die Wirkung dieser Vereinigung rechtfertigte die übertriebensten Hoffnungen des Entdeckers; sie überstieg bei weitem die Kraft der schon beschriebenen einfachen Kette. Wird die oberste Scheibe des Metalls in der Säule mit dem vorher benetzten Finger der einen Hand berührt, während der Finger der andern Hand an die unterste Scheibe gebracht ist, so wird ein bestimmter Schlag am Arm, ähnlich dem aus einer Leydener

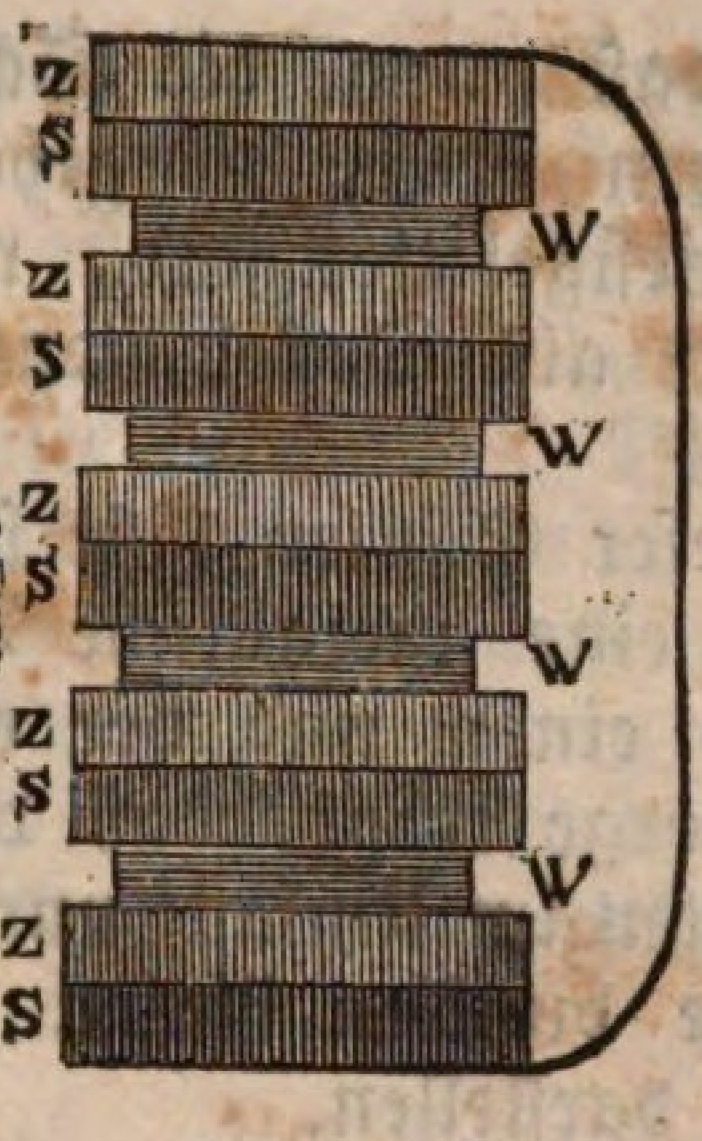

Fig. 4.

Flasche, oder vielmehr noch genauer dem einer schwach geladenen elektrischen Batterie empfunden. Eine Wiederholung von Schlägen wird auf eine unbestimmte Zeit erlangt, so oft die Kette vervollständigt wird, indem man die zwei Enden der Säule mit benetzten Fingern berührt. Die Stärke des Schlages ist wie sich erwarten läßt, im Verhältniß zur Anzahl der Platten größer, aus denen die Säule besteht.

Wird eine Säule auf eine beträchtliche Höhe erhoben, so geräth sie offenbar in Gefahr umzufallen; dies wird

Fig. 5.

dadurch verhindert, daß man die Scheiben zwischen drei scheitelrechte Glasstangen stellt, die gehörig gefirnißt und in zwei dicke Holzstücke festgekittet sind, wovon das eine als Grundlage, das andere als Deckel dient (s. Fig. 5.).

11. Eine Zahl dieser Säulen läßt sich zur Batterie vereinigen, indem man eine metallische Verbindung zwischen der letzten Platte der einen und der ersten der nächsten 2c. bildet, wobei man Sorge trägt, daß die Ordnung der Aufeinanderfolge der Platten im Umlauf unverändert bleibt, wie Fig. 6 zeigt, wo die dunklen Linien das Kupfer und die hellen die Zinkplatten darstellen.

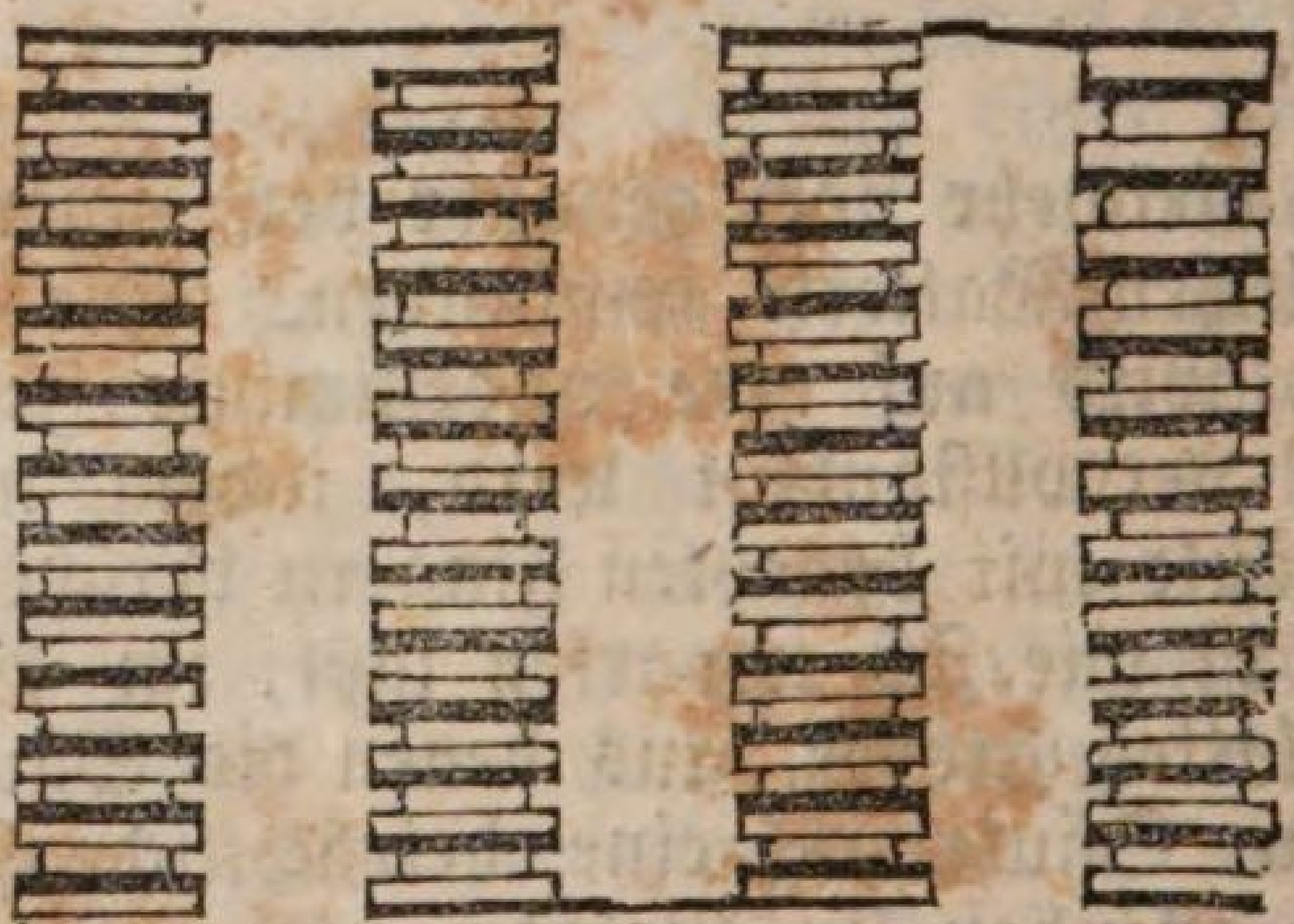

Fig. 6.

12. Die Theile der Säule lassen sich in einer von der vorhergehenden etwas abweichenden Form anordnen, die mehr der ursprünglichen galvanischen Kette in ihrer einfachsten schon beschriebenen Form entspricht. In dieser Anordnung werden die Metallplatten, Seite an Seite in vertikale Stellung zersetzt, und in Paaren verbunden, wovon jedes aus einer Zink- und einer Kupfer- (oder Silber-) Platte besteht, welche an dem oberen Ende durch Metallstreifen (Drähte oder dünnen Stangen) verbunden sind, die von einer zur andern übergehen. Ist eine genügende Zahl Gläser herbeigeschafft, und mit Wasser oder einer Säure oder Salzauflösung gefüllt, so stellt man sie Seite an Seite, so daß

sie einen Kreis bilden. Die zwei zu jedem Paar gehörigen Platten werden dann in Flüssigkeiten getaucht, welche in verschiedenen, aber an einander stoßenden Gläsern enthalten sind; die Zinkplatte z. B. wird in das erste Glas, die Kupferplatte in das zweite getaucht. Die Platten des zweiten Paares müssen in ähnlicher Weise in die zweiten und dritten Gläser eingetaucht werden; so muß man in der ganzen Reihe verfahren, wobei dieselbe Ordnung in der Abwechslung der Metalle zu beobachten ist. Durch diese Anordnung (wovon ein Horizontaldurchschnitt Fig. 7 gegeben ist, worin die dunklen

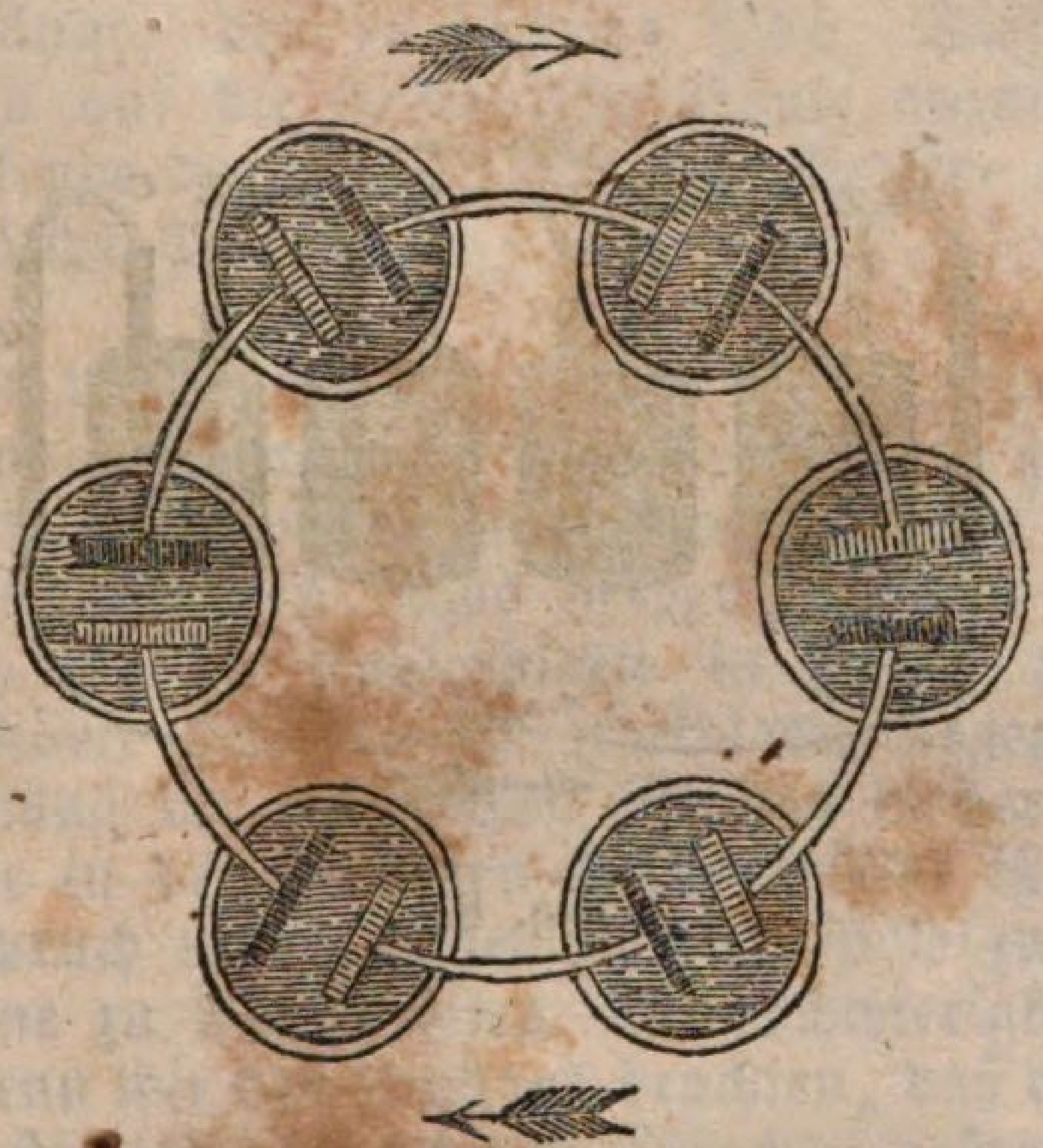

Fig. 7.

Linien das Kupfer, die helleren das Zink in jedem Paar anzeigen), wird jedes Gefäß eine Platte von Zink und eine von Kupfer enthalten, welche, da sie zu verschiedenen Paaren gehören, nicht anders verbunden sind, wie durch das Mittel der zwischenliegenden Flüssigkeit in dem besonderen Gefäß.

13. Die erste Vorrichtung dieser Art wurde von Volta erfunden, der zu dem Zweck eine kreisrunde Reihe von Tassen

oder Schalen gebrauchte, und sie deßhalb Couronne de tasses (Krone von Tassen) nannte. Wird der Umlauf auf einem Punkte unterbrochen, so daß man ein oder mehre Gefäße entfernt, so wird das Werkzeug in seiner Wirkung der Säule ähnlich, und die Metallplatten an jedem Ende der Reihe, die nicht in die Flüssigkeit eingetaucht sind, lassen sich durch Drähte verbinden, um die Kette zu vervollständigen. Eine solche Anordnung ist in Fig. 8 gezeigt, wo die Zink- und Kupferplatten mit den Buchstaben Z und C bezeichnet sind, und wo der Lauf der elektrischen Flüssigkeit (der galvanische Strom) durch die Pfeile angedeutet ist.

Fig. 8.

14. Es ist zu bemerken, daß die Richtung des Stromes der elektrischen Flüssigkeit in jeder zusammengesetzten galvanischen Kette, wie sie diese Vorrichtung erläutert, genau dieselbe ist, wie in einer einfachen galvanischen Kette, die aus denselben Vorrichtungen besteht. In vorliegendem Fall, wo Zink und Kupfer die angewandten Metalle sind, und wo die Flüssigkeit auf das erstere einwirkt, so daß es dasselbe oxydirt, befindet sich ein Strom positiver Elektrizität in beständigem Umlauf von der Zink- zur Kupferplatte, die in demselben Geschirr enthalten ist, durch die oxydirende Flüssigkeit, welche dieselben trennt; er wird von der Kupfer- zur Zinkplatte, die in demselben Geschirr ist, den Metallstreifen, welcher sie verbindet, entlang übertragen. Indem wir ihrem

Lauf in dieser Weise bis zum Ende der Reihe folgen, finden wir, daß der elektrische Strom von der letzten Kupferplatte im letzten Gefäß, zu der mit ihr verbundenen Zinkplatte übergeht, und von dort durch die Mittheilungsdrähte um die Kupferplatte am anderen Ende der Reihe herumgeht. Die Richtung dieses Stromes ist in der Figur durch die Pfeile oben und unten gezeigt. Es ergibt sich daraus, daß das Ende der Batterie, welches sich mit einer Zinkplatte endigt, dasjenige ist, von welchem die Elektrizität in den Draht herausgeht, daß es also das positive Ende oder der sogenannte positive Pol der Batterie ist. Aus demselben Grunde ist das entgegengesetzte Ende dasjenige, welches sich mit der Kupferplatte endigt, und welches die Elektrizität vom Drahte empfängt, der negative Pol. Dieselben Beobachtungen sind auf die galvanische Säule anzuwenden, indem das Zinkende der positive und das Kupfer- oder Silberende der negative Pol ist.

15. Man wird bemerken, daß die Benennungen der Zink- und Kupferenden der Säulen- oder der zusammengesetzten Batterie als positiv und negativ gerade das Gegentheil desjenigen angeben, was in der einfachen galvanischen Kette besteht, wo die Kupferplatte in Bezug auf die mittheilenden Drähte positiv, die Zinkplatte negativ ist. Da nun die Richtung der elektrischen Ströme in der zusammengesetzten, wie in der einfachen Kette dieselbe ist, so scheint dieser Widerspruch in der Eigenschaft der Pole zuerst der richtigen Annahme zu widerstreiten. Die Schwierigkeit aber verschwindet, wenn wir den Umstand beachten, daß der Leitungsdraht (Schließungsdraht) in der einfachen galvanischen Kette unmittelbar mit der Platte in Verbindung sich befindet, die mit dem flüssigen Theil der Vorrichtung in Berührung steht; während er in der zusammengesetzten Kette nicht von der in die Flüssigkeit getauchten Platte, sondern von derjenigen ausgeht, die damit in Verbindung steht, und deßhalb von verschiedener Art ist. Die zusammengesetzte Kette, auf ihren einfachsten Zustand zurückgeführt, wird sich durch folgende aus fünf Theilen bestehende Reihe darstellen lassen, nämlich:

Kupfer — Zink — Flüssigkeit — Kupfer — Zink.

In dieser Anordnung ist das Kupferende negativ und das Zinkende positiv. Entfernen wir die beiden Endplatten, die in Wirklichkeit an der Wirkung keinen Antheil haben, so erhalten wir den Zustand der einfachen Kette.

Zink — Flüssigkeit — Kupfer.

Hier finden wir das Zinkende negativ, das Kupferende positiv. Man muß genaue Begriffe von diesen Unterschieden haben, da viel Undeutlichkeit bei Beschreibung von Versuchen, und bei Folgerungen aus deren Resultaten dadurch entstanden ist, besonders in Erforschung des Elektromagnetismus, den wir nachher behandeln werden.

16. Eine weit größere Form kann einer Batterie ertheilt werden, die nach dem Grundsatz der Couronne de tasses verfertigt ist, wenn man eine in zahlreiche Abtheilungen gesonderte Mulde anwendet, wobei das Ganze aus nichtleitendem Material besteht. Dies gestattet, daß man die Platten einander mehr nähern kann, wodurch ein gegebener Raum eine größere Anzahl zu umfassen vermag. Die Zink- und Kupferplatten werden in Paaren wie zuvor durch einen Metallstreifen vereinigt, der von einem ausgeht und an den anderen genietet ist; jedes Paar wird so gestellt, daß es einen abgetheilten Raum einschließt, und jede Zelle enthält eine Zinkplatte, die mit der Kupferplatte der nachfolgenden Zelle verbunden ist, so wie eine Kupferplatte, die mit der Zinkplatte der vorhergehenden Zelle verbunden ist. Eine solche Batterie heißt eine Muldenbatterie, wie sie Fig. 9 dargestellt ist. Die Mulde T kann aus getrocknetem Mahagoni bestehen und Abtheilungen von Glas haben; man

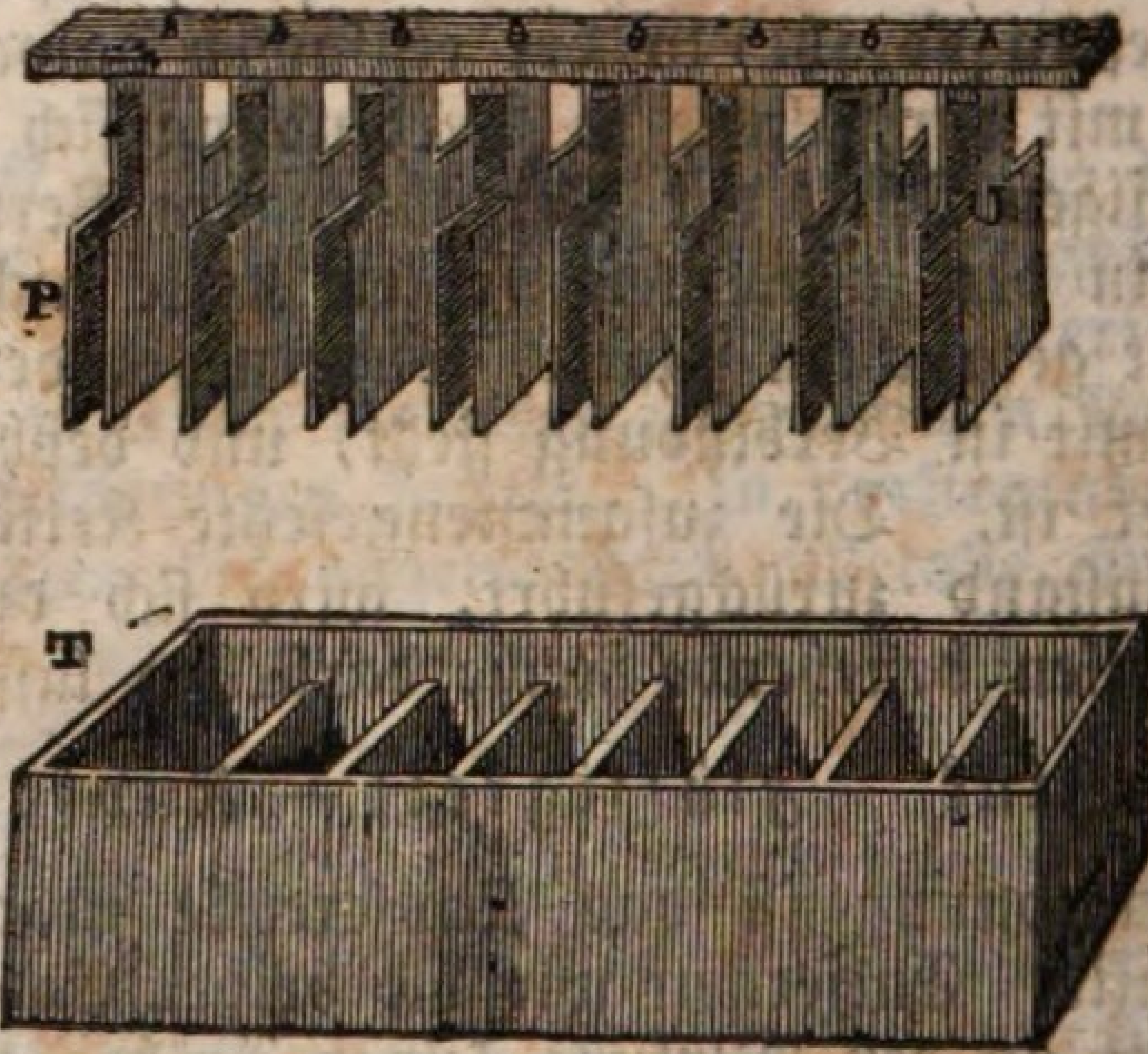

Fig. 9.

hält es jedoch für passender, das Ganze aus einem Material zu bauen, und der Wedgwoodthon ist zu dem Zweck das beste. Jeder Trog hat meist 10—12 Zellen; die Platten P, welche hineinpassen, stehen durch einen Streifen gedörrten Holzes in Verbindung, so daß man sie zusammen hineinlassen oder herausnehmen kann. Ein weiterer Vortheil dieser Vorrichtung besteht darin, daß die Platten und die Flüssigkeit von einander unabhängig sind, so daß man die ersteren leicht reinigen und wieder zurückstellen kann, wenn sie beschädigt oder abgenutzt sind, ohne daß man die Flüssigkeit stört; letztere läßt sich mit großer Leichtigkeit entfernen oder wieder einbringen. Eine Anzahl dieser Mulden läßt sich in einem großen Kasten einfügen, indem man die letzten Platten der an einander stoßenden Mulden durch Kupferstreifen verbindet, wobei man, wie bei der Säule Sorge trägt, daß man in der ganzen Reihe dieselbe Ordnung der Abwechslung an den Platten beobachtet, indem man das Zinkende einer Batterie mit dem Kupferende der nächsten verknüpft.

Die dem königlichen Institut zu London gehörige Voltaische Batterie, welche ungeheure Kraft besitzt, ist nach dem erwähnten Grundsatz verfertigt, und besteht aus 200 besonderen Theilen, wovon jeder 10 doppelte Platten und jede Platte 32 Quadratzoll hat. Die ganze Zahl der doppelten Platten beträgt 2000 und die ganze Oberfläche 128,000 Quadratzoll.

17. Eine andere Muldenbatterie ist von Cruickshanks erfunden worden und Fig. 10 dargestellt. Zink- und Kupfer-

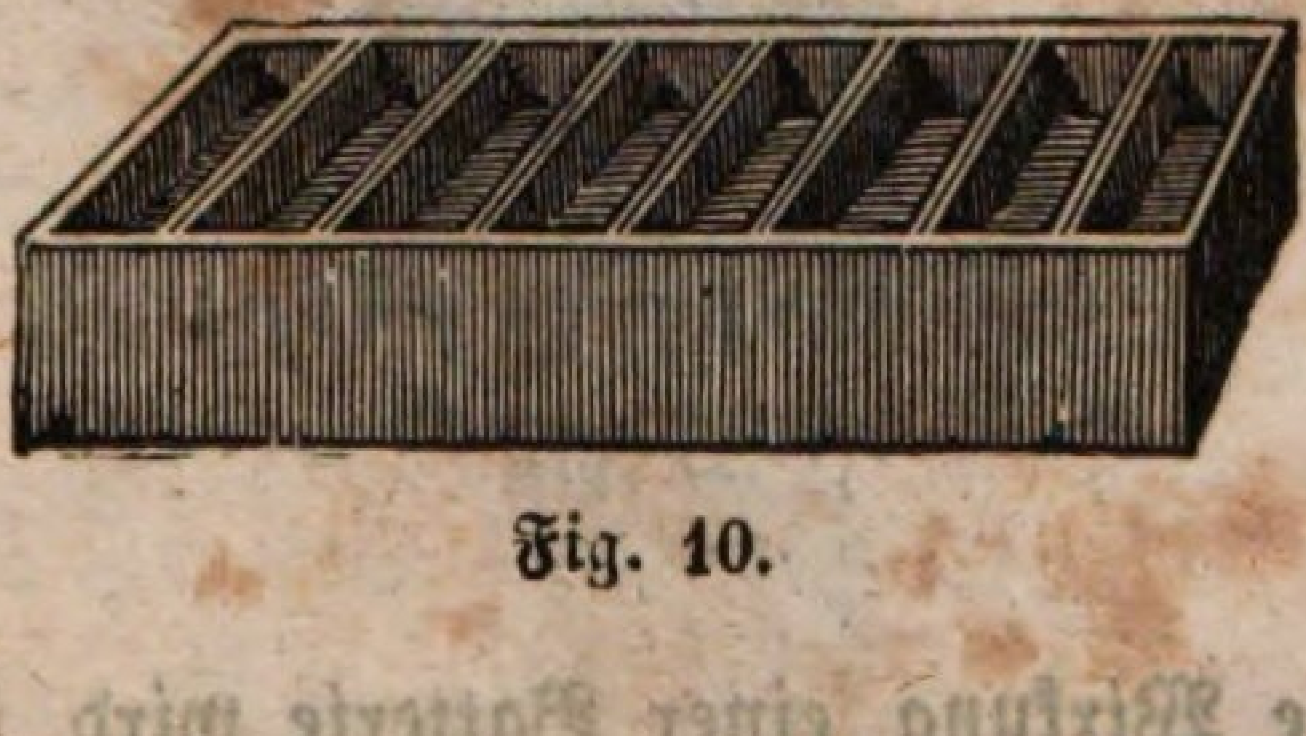

Fig. 10.

platten sind an den flachen Oberflächen zusammengenietet, bilden an sich Abtheilungen, und sind in Rinnen an den

Seiten der Mulde aus gedörrtem Holz geheftet, welches ein schlechter Leiter der Elektrizität ist, so daß es genügende Zwischenräume läßt, um kleine Betrage der Flüssigkeit zu enthalten. Sie müssen in der Art angeordnet sein, daß alle Zinkoberflächen sich an einer Seite und die Kupferoberflächen an der anderen befinden. Die Batterie wird geladen, indem man die Zellen mit einer Salzauflösung oder mit verdünnter Säure füllt, und der galvanische Umlauf wird dadurch vervollständigt, daß man die beiden Drähte, die aus den Enden der Batterie ausgehen, mit einander in Berührung bringt. Der Durchschnitt Fig. 11 wird die Grundsätze der Wirksamkeit erläutern. Mulden dieser Art jedoch können wegen der Wirkung der Säure auf das Holz, welche dasselbe zu verziehen strebt, oder durch andere Ursachen leicht verdorben werden, indem die Flüssigkeit in die Spalten eindringt und dahin wirkt, die Isolirung der Zellen aufzuheben.

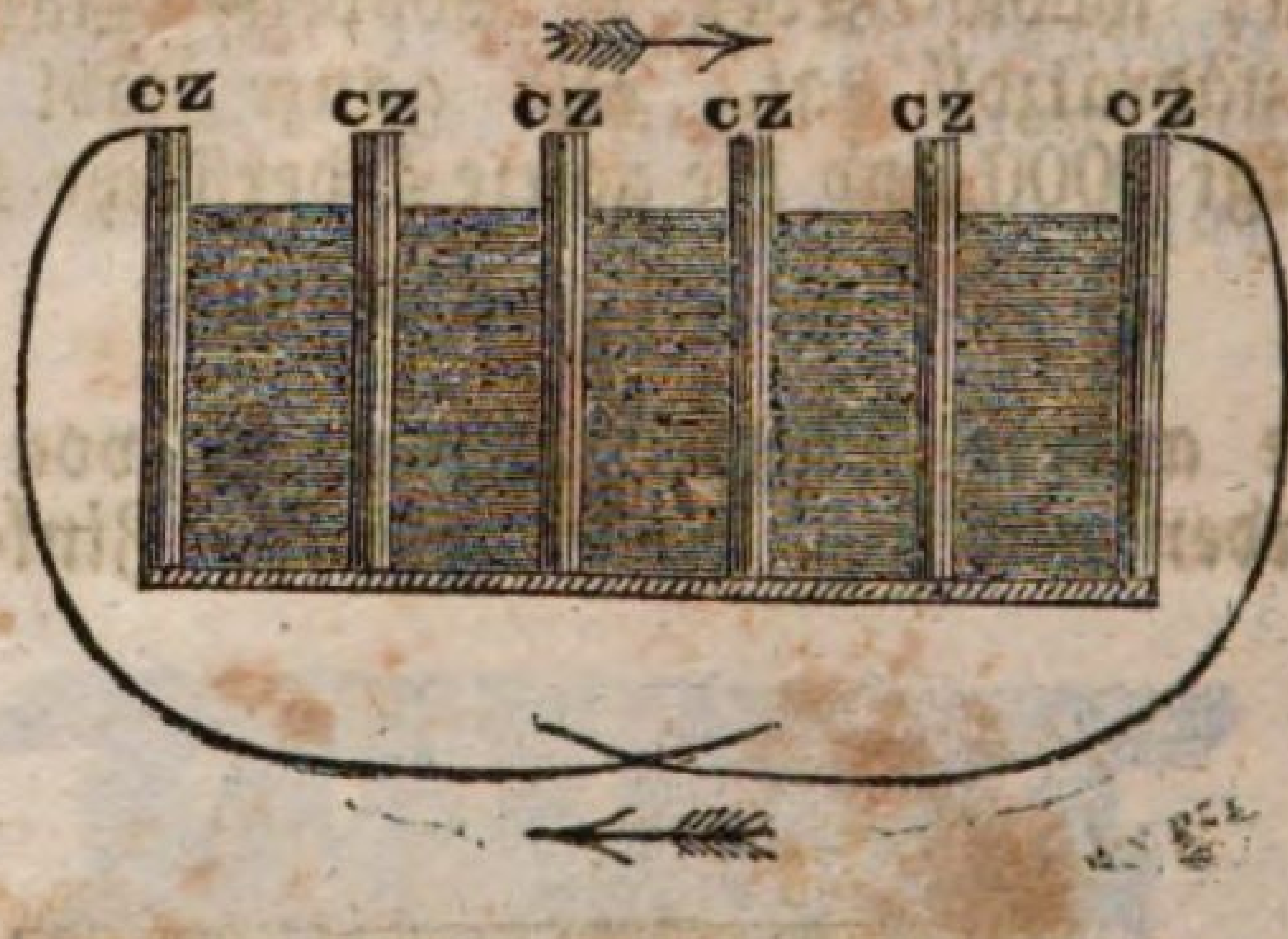

Fig. 11.

18. Die Wirkung einer Batterie wird sehr gesteigert, wenn beide Oberflächen der Zinkplatte, in Berührung mit der oxydirenden Flüssigkeit, einer Kupferoberfläche entgegengesetzt werden. Um dies auszuführen, muß man eine zweite Kupferplatte zu jedem Paare hinzufügen, so daß jede Zelle

eine Zink- und zwei Kupferplatten enthält, indem die erstere zwischen die letztere gestellt ist. Dieser von Wollaston angegebene Plan ward von Children ausgeführt, der eine sehr große Batterie baute, worin jede Platte 6′ lang, 2′ 6″ breit war, so daß sie 32 Quadratfuß Oberfläche darbot.

19. Eine sinnreiche Anwendung dieses Grundsatzes machte Hart in Glasgow durch die Verfertigung einer galvanischen Batterie, wobei er kein anderes Material zur Einschließung der Flüssigkeit gebrauchte wie die Metalle selbst, welche die Ketten bilden. Dies führte er durch Verwandlung der doppelten Kupferplatten in Zellen aus, indem er Seiten und Boden hinzufügte, so daß sie die säuerliche Flüssigkeit enthalten konnten, in welche die Zinkplatten eingetaucht wurden. Die Zellen werden gebildet, indem man eine Kupferplatte in der Form schneidet, die Fig. 12 zeigt. * Die Hälften der Kupferplatte werden alsdann in der Art aufgeschlagen, wie

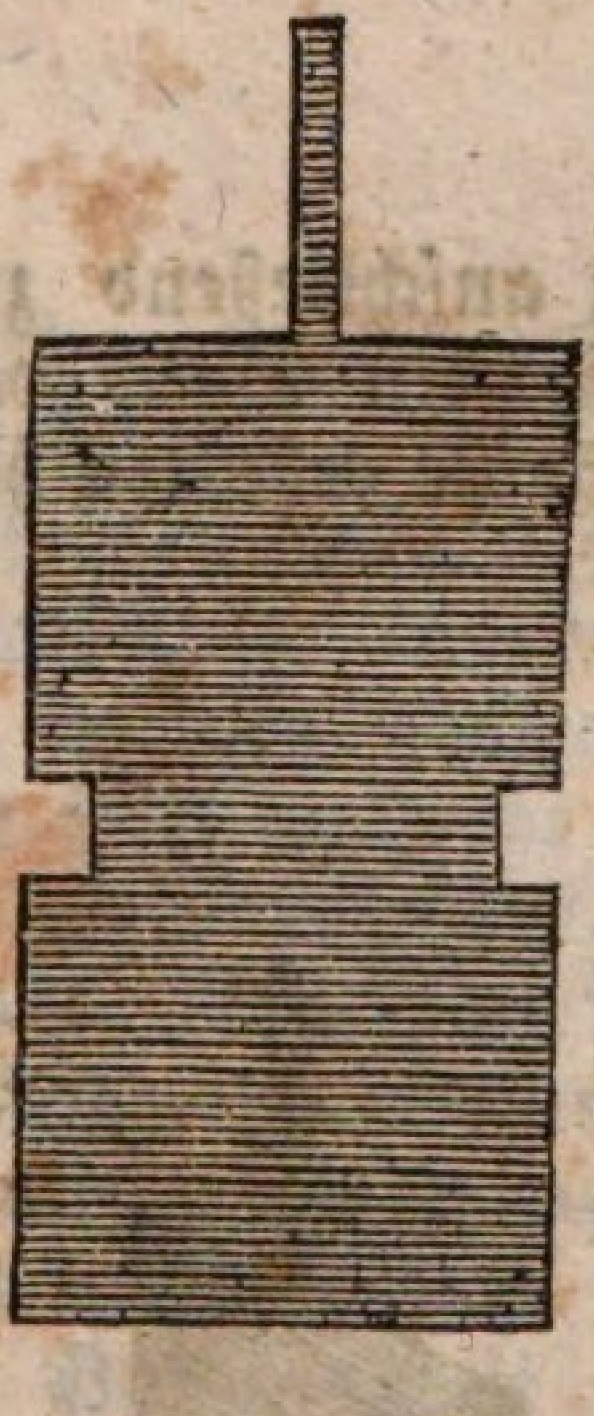

Fig. 12.

* Die Zeichnung 12 ist in kleinerem Maßstabe wie die Originalzeichnung. Sie muß eigentlich die Größe haben, daß sie zusammengelegt die Zelle in Figur 13 darstellt.

Fig. 13 zeigt, und die Säume mit Rinnen versehen. Ein Tropfen Zinn wird in jede untere Ecke gegossen, um die

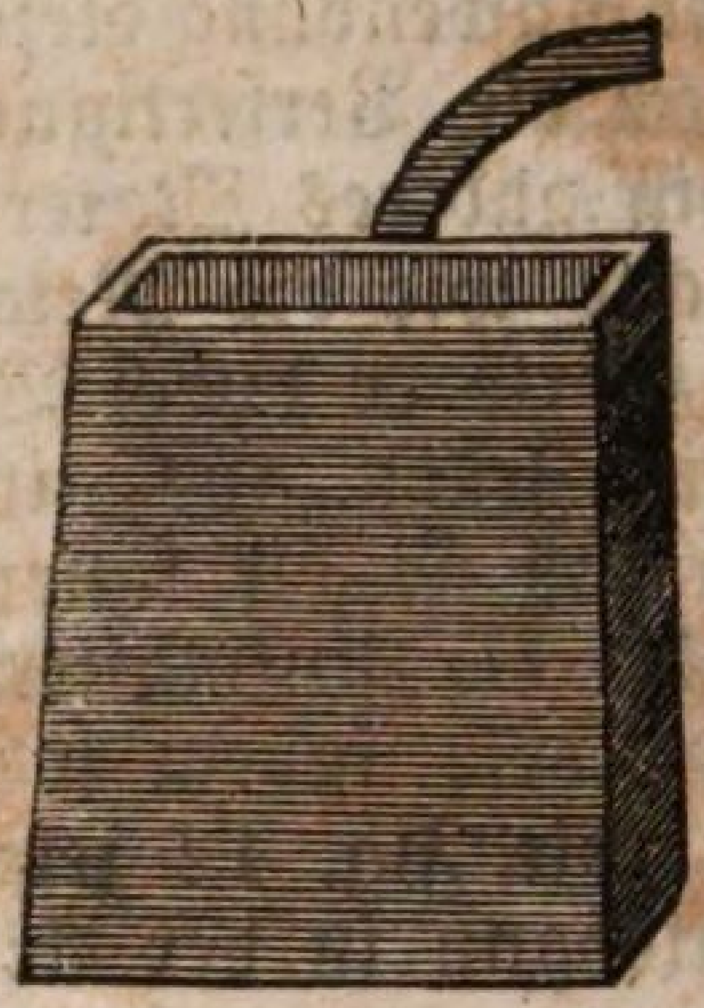

Fig. 13.

Zellen vollkommen eng anschließend zu machen. Figur 14 zeigt die Zinkplatte, die ein Stück von schraubenförmigem Messingdraht auf der Spitze erhalten hat, um es daran auf-

Fig. 14.

hängen zu können. Figur 15 ist ein Durchschnitt der Batterie, welche zeigt, wie der vorspringende Ausgang von Kupfer

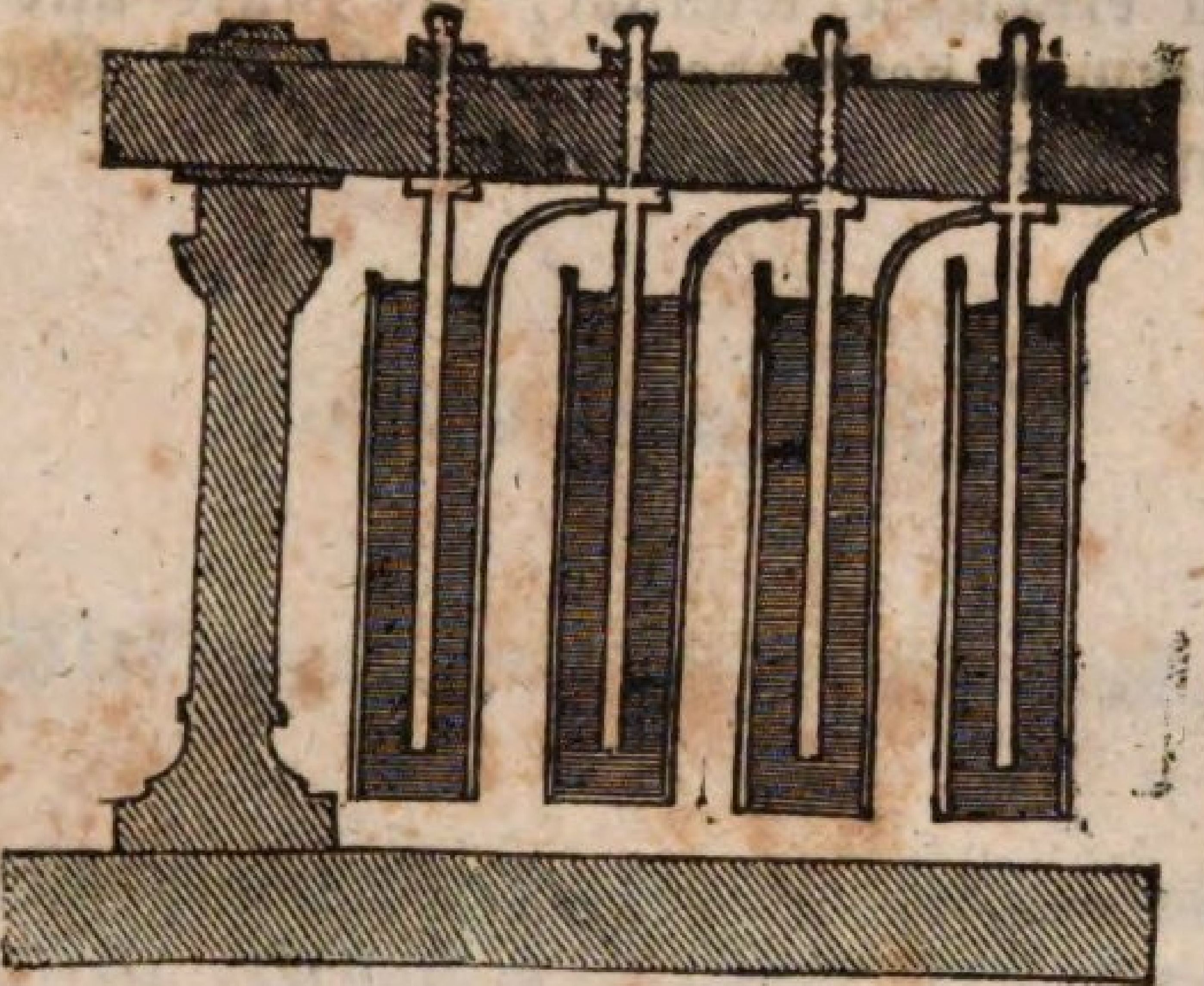

Fig. 15.

der ersten Zelle mit der zweiten Zinkplatte u. s. w. verbunden ist. Die Verbindung wird vollkommen, vereinigt man sie mit einem Tropfen Loth. Jede Zinkplatte wird fest an ihren Ort durch drei kleine Holzstücke gehalten. Die ganze Reihe wird alsdann in eine Schraubenmutter, welche in den schraubenförmigen Messingdraht paßt, an einen Querbalken von gedörrtem Holz befestigt, den man vorher gut mit Firniß überzogen hat. Will man die Batterie gebrauchen, so muß sie aus dem Rahmen gehoben und in eine hölzerne, mit Blei gefütterte Mulde getaucht werden, welche die Säure enthält. Alsdann stellt man sie zum Gebrauch bereit in den Rahmen. Eine solche Batterie mit einer gleichen Zahl von Zinkplatten besitzt beträchtlich größere Kraft wie die besten Batterien von gewöhnlicher Art.

20. Verschiedene Vorrichtungen sind angewandt worden, um eine zusammengesetzte Volta'sche Batterie, die aus einer gewissen Abwechslung von Platten besteht, in eine Batterie, die eine kleinere Anzahl besitzt, oder sogar in eine solche zu

verwandeln, welche dem Grundsatz nach der einfachen Batterie mit einem Paar Platten, wie der Calorimotor, entspricht. Diese Veränderungen wurden dadurch erzeugt, daß man die Verbindungen der Platten verändert und mehre desselben Metalls vereinigt, so daß sie nur wie eine Platte wirken, oder daß man, wenn man die Wirkung eines Calorimotors zu erlangen wünscht, die Zink- und die Kupferplatten zusammen verbindet, so daß das Ganze wie ein inziges Paar wirkt.

Viertes Kapitel.

Wirkungen des Galvanismus.

21. Es gibt drei Hauptumstände, worin die durch die Volta'sche Batterie erzeugte Elektrizität von derjenigen verschieden ist, welche man durch die gewöhnliche Elektrisirmaschine erlangt. 1) Der geringe Grad der Kraft, worin sie in ersterer mit der letzteren verglichen vorhanden ist; 2) der sehr große Betrag Elektrizität, welcher durch die Volta'sche Batterie in Bewegung gesetzt wird und 3) das Fortlaufen des Stromes der Volta'schen Elektrizität und seine beständige Wiedererzeugung, sogar während dieser Strom die Wiederherstellung des Gleichgewichtes erstrebt. Die Wirkungen der Volta'schen Säule sind vom Erfinder dieses Instrumentes mit denen einer elektrischen Batterie von großem Umfange, die aber nur niedrig geladen sei, verglichen worden; in dem Fall kann ein großer Betrag Elektrizität mit einer kleinen Neigung zu entweichen oder mit andern Worten, mit einer sehr kleinen Stärke von derselben enthalten sein, wie aus demjenigen, was hierüber in der Abhandlung über Elektrizität gesagt worden ist, erhellt. Der Vergleich ist in mancher Hinsicht richtig, paßt aber nicht in Bezug auf die dritte Eigenschaft, die wir als zur Volta'schen Vorrichtung gehörig angegeben haben, nämlich zu dem Fortlaufen des Stromes, welches aus der fortwährenden Wiedererzeugung und dem fortwährenden Umlauf des Stromes entsteht. Wie beträchtlich auch die Kraft in einer stark geladenen elektrischen Batterie sein mag, so wird die ganze Kraft auf einmal verbraucht, sobald das Durchgangsmittel des Stromes einmal vollständig gemacht ist. Ihre Thätigkeit ist vielleicht zur Genüge kräftig, so lange sie

fortwährt; sie wird aber nur für einen Augenblick ausgeübt, und ihre zerstörende Wirkung des Blitzes kann während ihres augenblicklichen Durchgangs nur plötzliche und heftige Wirkungen erzeugen, die man nicht zu beherrschen vermag; dagegen entwickelt die Volta'sche Batterie fortwährend große Betrage von Elektrizität, welche durchaus nicht verloren gehen, indem sie zu ihrer Quelle zurückkehren und die in einem fortlaufenden Strome mit unverminderter Kraft umlaufen. Die Wirkungen dieses fortlaufenden Stromes auf die seiner Wirkung ausgesetzten Körper werden deßhalb bestimmter sein und sich fortwährend anhäufen und ihr Betrag wird im Fortlauf der Zeit weit beträchtlicher werden wie bei der gewöhnlichen elektrischen Explosion. Wir sehen deßhalb, daß Veränderungen in der Zusammensetzung der Körper durch den Galvanismus erzeugt werden, die kein anderes Mittel würde erzeugen können. Daraus läßt sich auf die Vortheile schließen, welche die Wissenschaft aus der Erwerbung eines Instrumentes von so ungemeiner Kraft erlangt hat, welches eine so ausgedehnte Anwendung in dem weiten Felde chemischer Untersuchung gestattet. Es wird hier am Orte sein, die Wirkungen des Galvanismus in ihrem Verhältniß zu diesen drei Umständen zu betrachten, welche als charakteristisch für seine Wirksamkeit im Gegensatz zu den Wirkungen der gewöhnlichen angegeben worden sind.

§. 1. Gewöhnliche elektrische Wirkungen des Galvanismus.

22. Der Grad der Stärke, worin die durch eine einfache galvanische Kette entwickelte Elektrizität vorhanden ist, ist so unbedeutend, daß ihre Wirkung keine der gewöhnlichen Erscheinungen der gewöhnlichen Elektrisirmaschine zeigt. Sogar am größten bis jetzt gebauten Calorimotor hat man keine Anzeigen elektrischer Anziehung und Abstoßung erlangen können, wie sie ein Stück Siegellack beim schwächsten Grade der Erregung erhält. Mit wenigen Abwechslungen der Platten und der zwischenliegenden Flüssigkeit, wie in der Säule oder Muldenbatterie, läßt sich die Anzeigung von Elektrizität vermittelst eines gewöhnlichen Condensators erlangen. Bei diesen Versuchen muß man denjenigen Unterschied, worauf Ziff. 15 schon hingewiesen, im Auge halten, der zwischen einfachen und zusammengesetzten Ketten in Bezug auf die Enden oder Pole der Batterie stattfindet. In den zusammengesetzten Ketten ist die Zinkseite positiv und die Kupferseite negativ.

Wenn 50 Paar Platten angewandt werden, so erleidet ein zarter Elektrometer von Goldplättchen ohne Hülfe des Condensators einen Eindruck und bei einer Reihe von 1000 Gruppen gehen sogar Kugeln von Mark auseinander. Um diese Wirkungen zu erzeugen, ist der aus einem Ende der Batterie herausgehende Draht mit dem Fuß des Elektrometers zu verbinden, während der vom entgegengesetzten Ende ausgehende Draht die Kappe zu berühren hat. Vermittelst des sich umdrehenden Dupplikators (Elektrizität 195) wurde der elektrische Zustand der beiden Enden einer Volta'schen Säule zuerst von Nicholson und Carlisle erkannt.

23. Da die Enden der zwei Drähte, welche von den zwei Polen der Volta'schen Batterie ausgehen, sich in entgegengesetzten Zuständen der Elektrizität befinden, könnten wir als natürlich erwarten, daß sie einander anziehen. Biot erkannte durch Versuch, daß diese Anziehung auch wirklich statt hat; sie wird aber nicht sichtbar, wenn man nicht eine Batterie aus einer sehr großen Anzahl Platten braucht.

24. Der allgemeine, aus den Thatsachen zu ziehende Schluß besteht darin, daß die Kraft der durch galvanische Verbindung entwickelten Elektrizität vermehrt wird, je nachdem die Zahl der Abwechslungen in den Elementen größer ist; ferner auch, daß die Stärke der galvanischen Elektrizität nicht im Verhältniß zu der Größe der Oberflächen ihrer Elemente steht.

25. Ist die Volta'sche Batterie genügend groß, so läßt sich ihre Elektrizität auf eine gewöhnliche elektrische Batterie übertragen, welche alsdann in demselben Grade der Stärke geladen ist. Hiebei ist nichts weiter nothwendig, als daß man die inneren und äußeren Ueberzüge der elektrischen Batterie mit den zwei Polen der Volta'schen Batterie in Verbindung setzt; alsdann wird die Ladung der ersteren sogleich mitgetheilt. Entladet man diese Elektrizität, nachdem man erstere von der Volta'schen Batterie entfernt hat, erneut man dieselben Verbindungen, so wird eine ähnliche Ladung wieder empfangen und derselbe Vorgang läßt sich unzähligemale wiederholen. Läßt man aber, anstatt die elektrische Batterie fortzunehmen, dieselbe mit der Volta'schen Batterie in Verbindung, so wird man eine schnelle Aufeinanderfolge von Funken aus ihr enthalten, indem man einen Draht mit dem äußeren Ueberzug verbindet und den Knopf der Flasche zu wieder-

holten Malen mit dem anderen Ende des Drahtes berührt. Besteht die Reihe der Platten in der Volta'schen Batterie aus 3—400 Abwechslungen, so sind diese schnellen Explosionen so gewaltig, daß sie das Ende des Drahtes glühend machen, wenn derselbe von Eisen ist und ihn eine Reihe von Funken ausstoßen lassen, die aus kleinen Eisentheilchen im Zustande heftiger Verbrennung bestehen. Bei einer Reihe von 1000 ist jede Entladung mit einem scharfen Tone begleitet und wird dünne Metallplättchen verbrennen. Dies ist um so auffallender, da dieselbe Volta'sche Batterie vielleicht nicht genügendes Vermögen besitzt, um an sich oder mit der elektrischen Batterie nicht verbunden, diese Wirkungen zu erzeugen. Die möglichst kürzeste Berührung mit einer Volta'schen Batterie ist genügend zur Ertheilung der ganzen Ladung, die sie mitzutheilen vermag. Dies erhellt aus einigen Versuchen von Van Marum und Pfaff mit einer Batterie von 137 $\frac{1}{2}$ Quadratfuß überzogener Oberfläche, welche in demselben Grade der Stärke wie die Säule, womit sie in Verbindung stand, durch eine Berührung geladen wurde, die nicht länger dauerte wie $\frac{1}{20}$ Sekunde.

§. 2. Lichtwirkungen des Galvanismus.

26. Nur wenn die Elektrizität einer Volta'schen Batterie eine genügende Stärke besitzt, vermag sie durch die Luft hindurchzugehen; bei dem Calorimotor ist ihre Stärke zu schwach, als daß sie den kleinsten merkbaren Zwischenraum zwischen Metallleitern durchziehen könnte, so daß dieselben in wirkliche oder wenigstens scheinbare Berührung kommen müssen, wenn eine sichtbare Wirkung erzeugt werden soll. In einer Säulen- oder Muldenbatterie dagegen, die aus einer beträchtlichen Anzahl abwechselnder Platten besteht, beginnt die Uebertragung der Elektrizität, wenn man die Drähte von den entgegengesetzten Polen her zusammenbringt, während dieselben noch in merkbarer Entfernung von einander sich befinden; wie es bei gewöhnlicher Elektrizität der Fall ist, ist dieser Durchgang durch die Luft mit einem sehr lebhaften Licht begleitet. Die Funken erscheinen so oft, wie die Verbindung zwischen den Drähten abgebrochen ist, ebensowohl wenn sie erneut wird. Diese Erscheinung, welche bei gewöhnlicher Elektrizität nicht stattfindet, ist charakteristisch für die Volta'sche und eine Folge des fortwährenden Stromes. Der Strom fährt fort zu fließen, ungeachtet der Unter-

brechung der Durchgangslinie (Kette), so lange die Leiter in Schlagweite bleiben und obgleich dies nur einen Augenblick geschieht, so ist dennoch Zeit genug für die Erscheinung des Funkens.

27. Die glänzenste Erscheinung elektrischen Lichtes wird dadurch erlangt, daß man Stücke Kohlen wie ein Bleistift gespitzt, an die Enden der zwei Drähte in der unterbrochenen Kette setzt und alsdann ihre Spitzen in Berührung bringt. Als der Versuch bei der schon erwähnten gewaltigen Batterie des königlichen Institutes angestellt wurde, ging ein glänzender Funken zwischen den Spitzen der Kohle hindurch, als sie sich einander auf die Entfernung von $1/_{30}$ oder $1/_{40}$ Zoll näherten und gleich nachher wurde mehr als die Hälfte der zugespitzten Kohle, deren Länge 1″ und deren Durchmesser $1/_6$″ war, weißglühend. Entfernte man die Spitzen von einander, so fand sich in einem Raum von wenigstens 4″ eine fortwährende Entladung die erhitzte Luft hindurch, welche einen Lichtbogen in Form eines doppelten Kegels von beträchtlicher Breite und blendendstem Glanz bildete. Diese Erscheinung ist Figur 16 dargestellt, wo W X die Leitungsdräthe sind, die mit den Enden der Batterie in Verbindung stehen, C C sind die Stücke Kohle und

Fig. 16.

A der Bogen elektrischen Lichtes, welche den Durchgang der Elektrizität durch die Luft bildet. Wenn irgend eine Substanz in diesen Bogen gebracht wurde, so ward sie sogleich entzündet oder geschmolzen, Platina schmolz darin wie Wachs

in einer Lichtflamme; einige nur sehr schwer zu schmelzende Stoffe, wie Quarz, Saphir, Magnesia und Kalk wurden sämmtlich flüssig; Diamantstücke, Spitzen von Kohle und Reisblei verschwanden schnell und schienen in Dunst verwandelt, sogar wenn die Verbindung in sehr verdünnter Luft stattfand und ohne daß eine Schmelzung vorher gegangen war; wurden die Kohlenstücke in den Recipienten einer Luftpumpe gethan, so vermehrte sich die Entfernung, worin die Entladung stattfand, im Verhältniß wie die Luft entzogen wurde; als die Höhe des Quecksilbers auf dem Maß des Barometers nur 4″ war, waren die Funken beinahe $1\frac{1}{2}$″ lang; indem man alsdann die Spitzen von einander entfernte, ging die Ladung durch einen Raum von 6 oder 7″, indem sie ein glänzendes Blitzen von Purpurlicht erzeugte; die ganze Kohle wurde stark erhitzt, ein daran gehefteter Platinadraht schmolz mit glänzender Funkengebung und fiel in großen Kügelchen herab. Eine Batterie von 100 Paar Platten von 6 Quadratzoll genügt, um diese Erscheinung in geringem Maßstab zu zeigen. Am besten eignet sich zu diesen Versuchen die aus den härteren Hölzern bereitete Kohle, z. B. die aus Buchen=, Guajack= oder Buchsholz. Die gewölbte Form des Lichtstromes zwischen den beiden Kohlenstücken sieht man sogar, wenn die Spitzen einen $\frac{1}{2}$″ von einander stehen.

Das von Volta erzeugte Licht übersteigt an Stärke jedes andere, welches die Kunst hervorzubringen vermag. Es zeigt oft in Aufeinanderfolge eine Mannigfaltigkeit prismatischer Farben und gibt einige Strahlen, die im Sonnenlicht fehlen. Es ist so blendend, daß es das Auge sogar bei augenblicklichem Eindruck ermüdet und es erlöscht durch überlegenem Glanz sogar das Lampenlicht, in einem sonst glänzend erleuchteten Zimmer, welches bei der plötzlichen Aufhörung des galvanischen Lichtes auf kurze Zeit in Dunkel gehüllt zu sein scheint. Es ist ein Licht, welches dem Glanz der Sonnenstrahlen so nahe kömmt, daß es sich zur Erleuchtung der Gegenstände in einem Sonnenmikroskope anwenden läßt, und es vermag sogar bei einer Zauberlaterne alle angenehmen und endlosen Abwechslungen des Kaleidoskopes zu bieten.

28. Die Anwendung der Kohle bei diesen Versuchen könnte die Vermuthung veranlassen, das Licht könne wenigstens zum Theil aus Verbrennung entstehen; allein viele Umstände wirken dahin, zu beweisen, daß es hiervon unabhängig ist.

Während der Fortdauer des Lichtes erleidet die Kohle, obgleich sie entzündet ist, nur wenig Verlust an Gewicht; das Licht entwickelt sich mit gleichem Glanze, geschieht der Versuch in Gasen ohne Sauerstoff, z. B. Stickstoff oder Chlor, worin deßhalb Verbrennung nicht stattfinden könnte. Man findet ferner, daß weder Gas noch Kohle eine chemische Veränderung während der Glut erleiden. Licht aus Volta'scher Elektrizität läßt sich auch, obgleich mit verminderter Kraft, unter Wasser, Alkohol, Aether, Oele und andern Flüssigkeiten von untergeordnetem Leitungsvermögen erlangen.

§. 3. Entwickelung der Wärme des Galvanismus.

29. Die Entwickelung der Wärme ist eine der Wirkungen, welche die Thätigkeit einer Volta'schen oder elektrischen Batterie begleiten; es findet sich aber ein bemerkenswerther Unterschied in den Umständen, welche die Hervorbringung in beiden Fällen begünstigen. Bei gewöhnlicher elektrischer Vorrichtung wird die Wärme nicht sichtbar entwickelt, wenn sich die Elektrizität mit vollkommener Freiheit bewegt, sondern allein, wenn irgend ein Widerstand ihrem Durchgang entgegengesetzt ist und wenn eine plötzliche Wiederherstellung des Gleichgewichtes mit Licht und Schall begleitet eintritt. In der Volta'schen Batterie aber wird eine Steigerung der Temperatur beobachtet, wenn der Durchgang vollkommen ist, wenn kein Licht sich entwickelt und wenn der Strom der Elektrizität ohne Aeußerung des geringsten Schalles geleitet wird. Die Steigerung der Temperatur beim bloßen Durchgang Volta'scher Elektrizität durch Körper läßt sich dadurch erweisen, daß man einen Draht, der einen Theil der Kette bildet, durch einen bekannten Betrag Wasser in einem Geschirr hindurchläßt und den Thermometer hineintaucht. Die vom Wasser erlangte Wärme wird bald sichtbar durch das Steigen des Thermometers, welcher sogar den Siedepunkt erreicht, und das Wasser bleibt kochend, so lange der Versuch dauert.

30. Der Umlauf Volta'scher Elektrizität erzeugt nicht allein eine Temperaturerhöhung, in demjenigen Theile der Kette, der die Pole der Batterie verbindet, sondern auch in der Batterie selbst, wovon jeder Theil, sowohl die Metallplatten, wie die Flüssigkeit in den Zellen erwärmt ist, so lange sich die Vorrichtung in thätigem Zustand befindet.

Die Erhöhung der Temperatur ist aber nicht gleich in der ganzen Reihe; und der Unterschied beruht auf Ursachen, die man noch nicht genau kennt. Murray fand eine allmählige Erhöhung der Temperatur in den aufeinanderfolgenden Zellen vom negativen zum positiven Pole; wenn eine Anzahl verschiedener Mulden verbunden wurde, so wurden die Zellen an den Enden weniger erwärmt, wie die in der Mitte; die höchste Wärme fand sich in dem Theil, der dem positiven Pol näher lag und die Temperatur minderte sich so in der Richtung des negativen Poles.

31. Glut in verschiedenen Graden erzeugt sich beim Durchgang der Volta'schen Elektrizität durch Metalldrähte, wenn ihre Größe und Länge in gehörigem Verhältniß zu der Art der Vorrichtung und zum Betrag der elektrischen Flüssigkeit, welche sie leiten, steht. Eisendraht im Allgemeinen ist leicht glühend zu machen und schmilzt oft zu Kügelchen; Stahldraht läßt sich mit glänzender und schneller Entzündung verbrennen; ein Platinadraht, ein Metall, auf welches man vermittelst der Luft nicht einwirken kann, läßt sich in rother und sogar in weißer Glut eine unbestimmte Zeit lang durch Volta'sche Elektrizität halten. So lange wie die Batterie ihre Kraft beibehält, scheint sich wirklich keine Grenze für die fortwährende Entwicklung der Wärme darzubieten.

32. Die Ordnung, worin die verschiedenen Metalle zur Rothglut durch die Wirkung des Galvanismus erhoben werden können, ist von Children vermittelst einer sehr gewaltigen Vorrichtung seiner eigenen Verfertigung erkannt worden. Es ist folgende: Platina, Eisen, Kupfer, Gold, Zink, Silber. Zwischen Kupfer und Gold ist der Unterschied unbeträchtlich, und bei Platina und Eisen scheint deren Stelle in der Stufenfolge von der erlangten Temperatur abzuhängen. Die Verhältnisse von Zink und Blei zu den andern Metallen konnten in diesen Versuchen nicht herausgebracht werden, weil sie schmolzen, bevor sie rothglühend wurden. Eine schöne Erläuterung des Unterschiedes der Metalle in Bezug auf ihre Fähigkeit, in rothe Glut zu gelangen, wird dadurch erlangt, daß man einen Draht oder eine Kette von abwechselnden Theilen oder Stücken Platina und Silber, die zusammengenietet sind, in den Umlauf der galvanischen Elektrizität bringt; man findet alsdann, daß die Silberstücke nicht merkbar erhitzt sind, während die Platinastücke auf gleiche Weise und stark glühend werden.

33. Es möchte scheinen, daß die durch eine Volta'sche Batterie erzeugte Wärme stärker ist, wie die durch einen andern Vorgang hervorgebrachte. In den Versuchen von Children machte die Wirkung seiner gewaltigen Vorrichtung einen ganzen Platinadraht von 5½" Länge und $\frac{1}{10}$" Dicke so rothglühend, daß man die Glut bei vollem Tageslicht sehen konnte. Er bewirkte ferner die Schmelzung einer Menge von Stoffen, auf welche die besten Windöfen keinen Eindruck machen.

34. Thut man sehr dünne Metallplättchen in den Strom einer gewaltigen Volta'schen Batterie, so fangen dieselben Feuer, und man kann sie, wenn man die Wirkung fortsetzt, mit großem Glanz verbrennen. Um diese Wirkungen zu zeigen, müssen die Metallplättchen an einen gebogenen Draht gehängt werden, der von einem Ende der Batterie ausgeht, und alsdann muß eine breite Metallplatte mit dem entgegengesetzten Ende allmählig näher gebracht werden, bis die Berührung geschieht. Der Glanz der Wirkung wird erhöht, wenn man die Platte mit vergoldeter Folie bedeckt. Goldplättchen, so behandelt, brennen mit lebhaft gefärbtem blauen Licht und erzeugen ein dunkelpurpurnes oder braunes Oxyd. Silberplättchen geben ein glänzendes grünes Smaragdlicht und Oxydplättchen von dunkelgrauer Farbe. Kupfer erzeugt ein bläulich weißes Licht, das mit rothen Funken begleitet ist; sein Oxyd ist dunkelbraun. Zink zeigt beinahe dieselbe Erscheinung, nur hat sein Oxyd eine hellere Farbe. Blei verbrennt mit einem schönen Purpurlicht, und Zink mit einem lebhaft weißen, zum Blau sich neigenden und roth gefransten. Für die deutliche Erscheinung dieser Farben ist es erforderlich, daß die Berührung mit einem Metall und nicht mit Kohlen geschieht, denn das starke weiße Licht, welches von dem letzteren ausgesandt wird, müßte die eigenthümlichen Farben überwältigen, die aus der Verbrennung des Metalles entstehen.

35. Eine schöne von Van Marum beobachtete Wirkung wird durch Verbindung eines dünnen Eisendrahtes mit einem der Pole einer gewaltigen Volta'schen Batterie hervorgebracht, indem man dessen Ende in Verbindung mit der Oberfläche von einigem Quecksilber bringt, das mit dem andern Pole in Verbindung steht. Lebhafte Verbrennung findet sowohl im Quecksilber, wie im Drahte statt, veranlaßt eine reichliche Entsendung von Funken, und erscheint wie ein

Stern oder eine Sonne, die tausend Strahlen nach jeder Seite hin entsendet. Dies glänzende Schauspiel kann man nach Belieben verlängern, indem man Sorge trägt, die Hinunterdrückung des Strahles fortzusetzen, im Verhältniß, wie die metallischen Theilchen durch Verbrennung zerstreut werden.

36. Verbrennbare Körper, wie Oele, Alkohol, Aether und Naphtha werden leicht durch Galvanismus entzündet, wenn Spitzen von Kohle in der Kette der Batterie auf der Oberfläche dieser Flüssigkeiten einander genähert werden. Pulver kann man dadurch leicht zur Explosion bringen.

37. Der Unterschied der Wirksamkeit Volta'scher und gewöhnlicher Elektrizität äußert sich sehr offenbar in den mechanischen Wirkungen. Die gewaltige Trennung der Theilchen und die Zerstörung von ihrem Zusammenhang ist für die elektrische Explosion charakteristisch, in welcher sich die Flüssigkeit einen Durchgang durch jedes Hinderniß zu bilden scheint, während die Wärme, die sich gelegentlich in dieser plötzlichen Wirkung zeigt, nur die Wirkung des Zusammendrückens und Zusammenstoßens der Theile zu sein scheint, die so mit Gewalt gegen einander getrieben werden. Die Temperatursteigerung aber, welche den Durchgang der Volta'schen Elektrizität begleitet, scheint im Gegentheil deren unmittelbare Wirkung, denn das mechanische Gefüge der Stoffe, welche die Elektrizität forttragen, bleibt unverändert. Wenn die Elektrizität in der gemeinen Form ein Vermögen, Körper zu entzünden besitzt, so ist ihre Wirkung zu vorübergehend und augenblicklich, um eine bleibende zu sein; ihre Neigung geht eher dahin, den Körper zu trennen, und die kleinen Stücke zu zerstreuen, wie die Theilchen durch Schmelzung in Kugeln zu vereinigen. Wir haben gesehen, daß Kohle sich durch Galvanismus sehr leicht entzündet; sie wird aber eine sehr starke Entladung aus einer elektrischen Batterie ohne merkbares Steigen ihrer Temperatur ertragen; auch ist es nicht möglich, sie dadurch zu entzünden, sie mag in feines Pulver zerkleinert oder in dünne Platten geschnitten oder zugespitzt sein, so widersteht sie allen Versuchen, eine Rothglut hervorzurufen oder sogar sie nur zu erwärmen, obgleich man sie der Wirkung der gewaltigsten Batterien aussetzt; sogar wenn man einen scheinbar fortlaufenden Strom Elektrizität aus sehr großen Elektrisirmaschinen durch spitze, mit Spermaceti überzogene Drähte hindurchließ, wurde kein Theil des Spermaceti geschmolzen.

§. 4. Elektromagnetische Wirkungen des Galvanismus.

38. Zu den bemerkenswertheren physischen Wirkungen, welche der Durchgang Volta'scher Elektrizität durch leitende Körper erzeugt, gehört die Einführung des Magnetismus in Eisen, und der auf Körper geübte Einfluß, welche magnetische Eigenschaften haben. Da aber die Untersuchung der Verbindungen, welche zwischen diesen Erscheinungen vorhanden sind, eine vorgängige Kenntniß des Magnetismus erheischt und einen besonderen Zweig der Wissenschaft bildet, so ist es passend, die Betrachtung für eine zukünftige Darstellung aufzusparen. Hier nur ist anzugeben, daß die Entdeckung der elektromagnetischen Wirkungen des Galvanismus uns die feinsten Probirmittel geboten haben, um sehr kleine Theile Volta'scher Elektrizität zu erkennen, so daß viele Resultate einfacher galvanischer Anordnungen, die wir später erwähnen werden, durch magnetische Galvanometer entdeckt worden sind.

§. 5. Chemische, durch Galvanismus bewirkte Veränderungen.

In der Abhandlung über Elektrizität wurden schon einige chemische Veränderungen angegeben, die aus der Wirksamkeit dieser Kraft in der gewöhnlichen Form zu beobachten sind; Versuche wurden angegeben, worin Wasser und einige Salzkörper durch eine Aufeinanderfolge elektrischer Entladungen aus einer gewaltigen Maschine zersetzt wurden. Die Gewalt des Galvanismus aber in Hervorbringung von Veränderungen der Zusammensetzung von Körpern, die seiner Thätigkeit ausgesetzt werden, ist weit großer, und die Anwendung hat zu einer Reihe Entdeckungen geführt, welche eine neue Epoche für die Chemie bildeten und zu den glänzendsten gehörten, welche die Geschichte der Naturwissenschaften darbot.

40. Die chemische Wirksamkeit des Galvanismus, dem Vermögen der Wärmeerzeugung ungleich, äußert sich nicht während sie Substanzen mit großen Leitungsvermögen durchzieht, sondern im Gegentheil, wenn sie auf Hindernisse bei ihrem Durchgang stößt; sie äußert sich hauptsächlich auf diejenigen Stoffe, meist Flüssigkeiten, welche die Elektrizität nur

theilweise und unvollkommen leiten. Damit wir eine klare Vorstellung von der Verbindung chemischer Erscheinungen, die sich auf Galvanismus beziehen, erlangen, müssen wir sie von Anfang an verfolgen und zuerst dasjenige beachten, was bei der einfachsten galvanischen Kette zweier ungleicher Metalle und der dazwischenliegenden Flüssigkeit geschieht.

41. Wird eine Zink- und eine Kupferplatte in sehr verdünnte Schwefelsäure getaucht, ohne daß beide sich berühren oder mit einander in Verbindung stehen, so wird das Zink von der Säure angegriffen; ein Theil des Wassers wird zersetzt, der Sauerstoff verbindet sich mit Zink und bildet Zinkoxyd und der Wasserstoff wird in Gasform von der Oberfläche der Zinkplatte entweichen. Das Zinkoxyd im Verhältniß wie es erzeugt wurde, wird sich durch die Säure auflösen und schwefelsaures Zink bilden. Die Kupferplatte, welche in dieselbe Flüssigkeit eingetaucht worden war, wird während der ganzen Zeit keine Veränderung erleiden; die Säure in verdünntem Zustand vermag nicht darauf einzuwirken. Wenn man jedoch, während dieser Vorgang geschieht, die Metalle in Berührung bringt, entweder unmittelbar oder durch ein metallisches Mittel, so werden sich folgende Veränderungen ergeben. Erstens geschieht die Oxydirung und Auflösung des Zinkes weit schneller und kräftiger wie zuvor; zweitens ist sie nicht mit der Entwicklung desselben Betrages Wasserstoff von der oxydirenden Oberfläche begleitet. Es wird sich allerdings eine Entbindung von Wasserstoff aus der ganzen Flüssigkeit bilden, die im Betrage genau dem Betrage des aus dem Wasser entwickelten Sauerstoffes entspricht; der größere Theil dieses Wasserstoffes aber wird jetzt auf der Oberfläche der Kupferplatte erscheinen und dort einen reichlichen Strom von Blasen zum Vorschein kommen lassen; das Kupfer aber an sich wird offenber wenig Veränderung unter den Umständen dieses Versuches erleiden. Im Verlauf der Zeit vermindert sich allerdings die Masse des entbundenen Wasserstoffes und ein dünnes Häutchen, theils aus metallischem Zink, theils aus Fasern von Zinnoxyd bestehend, lagert sich auf die Oberfläche des Kupfers ab, wenn ein beträchtlicher Theil schwefelsauren Zinkes sich in der Flüssigkeit aufgelöst hat; sobald dies eintritt, hört die galvanische Wirkung auf.

42. Wenn eine Säure, z. B. Salpetersäure, die Kupfer und Zink angreift, statt der Schwefelsäure gebraucht wird, so zeigen sich ähnliche Erscheinungen mit dem hinzugefügten

Umstand, daß die Wirkung der Säure auf das Kupfer im Augenblick aufhört, wo das Umlaufsmittel des galvanischen Stromes vervollständigt ist; anstatt daß sich oxydirtes Stickgas auf der Oberfläche des Kupfers bildet, welches eintritt, bevor das Umlaufsmittel gebildet ist, erscheinen allein Blasen von reinem Wasserstoff; das Kupfer wird alsdann vor fernerer Einwirkung geschützt, das Zink aber wie früher oxydirt und mit vermehrter Heftigkeit aufgelöst. Nach diesem Grundsatz hat Sir Humphrey Davy den Schutz des Kupferbeschlags von Schiffen vor der Angreifung des Seewassers bewirkt, indem er dasselbe mit Zink- oder Eisenstücken in Verbindung setzte, worauf Seewasser eine größere chemische Wirksamkeit wie auf Kupfer äußert.

43. In zusammengesetzten Volta'schen Batterien finden sich in jedem Theile der Flüssigkeit, die in den Abtheilungen zwischen den Platten liegt, dieselben chemischen Veränderungen wie diejenigen, welche bei der einfachen galvanischen Kette beschrieben sind.

44. Die chemische Wirkung des Galvanismus äußert sich in einer nicht weniger merkwürdigen Weise bei flüssigen Leitern, die in der Kette zwischen den Polen der Batterien sich befinden. Zu den einfachsten Wirkungen gehört die Auflösung des Wassers in dessen zwei gasartige Elemente, Sauerstoff und Wasserstoff. Die Entdeckung dieser Thatsachen verdankt man den vereinigten Bemühungen von Nicholson und Carlisle und sie bildete eine der unmittelbaren Folgen der Erfindung der Volta'schen Säule.

45. Die passendste Weise, die Zersetzung des Wassers durch Galvanismus zu erzeugen, besteht darin, daß man eine Glasröhre (Fig. 17) mit Wasser füllt, an deren Ende man Korke eingebracht hat, so daß das Wasser eingeschlossen ist; alsdann bringe man zwei Metalldrähte an jedem Ende durch

Fig. 17.

die Korke ein, indem deren Enden im Wasser einander so nahe sind, daß sie nur 1/4'' von einander liegen. Hat man alsdann die Dräthe mit den beiden Polen einer Volta'schen Batterie in Verbindung gesetzt, so zeigen sich folgende Erscheinungen: Wenn der Draht, der mit dem positiven Pole der Batterie in Verbindung steht, aus einem oxydirbaren Metall besteht, so wird er schnell durch das umgebende Wasser oxydirt; zugleich erhebt sich ein Strom kleiner Blasen Wasserstoff von der Oberfläche des anderen Drahtes, der mit dem negativen Pole in Verbindung steht. Gebrauchen wir aber Dräthe von einem Metalle, welches sich durch Wasser nicht oxydiren läßt, z. B. Gold oder Platina, so wird Gas von beiden Dräthen herausgezogen nnd läßt sich vermittelst einer Vorrichtung besonders ansammeln. Dies läßt sich dadurch ausführen, daß man zwei Glasröhren oder Recipienten nimmt, dieselben an einem Ende verschließt und mit Wasser füllt. Diese Flüssigkeit wird beibehalten, wenn man sie über einen genügenden Betrag Wasser, der in einem Glasgefäß enthalten ist, umkehrt, wie Figur 18 zeigt. Jede Röhre muß

Fig. 18.

einen Platinadraht P und N haben, der durch das verschlossene Ende geht und die ganze Länge hindurch hinab-

steigt. Die offenen Ende sind alsdann so sehr einander zu nähern wie ihre Lage im Wasser dies gestattet und die Drähte sind mit den entgegengesetzten Polen einer Volta'schen Batterie zu verbinden. Gas wird sich sogleich von diesen Drähten aber in verschiedenem Betrag erheben. Die Röhre mit dem negativen Drahte N wird sich bald mit Wasserstoff füllen, während die andere, die von dem positiven Draht P durchzogen ist, sich nur zur Hälfte in gleicher Zeit mit Sauerstoff füllt. Dies beruht darauf, daß der Umfang der beiden Gase, welche, vereinigt, Wasser bilden, oder welche die Produkte der Zersetzung des Wassers sind, in dem genannten Verhältnisse stehen, d. h. der Umfang des Wasserstoffs verhält sich zum Sauerstoff wie 2 zu 1. Der Umstand, daß das Wasser bei diesem Versuch sich in seine beiden Elemente aufgelöst hat, wird vollkommen dadurch erwiesen, daß die Mischung beider Gase und deren Entzündung durch einen elektrischen Funken sogleich die gasartige Form aufhebt und sie in Wasser wieder verwandelt.

46. Ist das Wasser in dem angegebenen Versuche nicht vollkommen rein, so werden noch andere Stoffe wie Wasserstoff und Sauerstoff an den beiden Drähten zum Vorschein kommen und dieser Umstand brachte die ersten Chemiker, welche Versuche anstellten, in große Verlegenheit. Sir H. Davy bewies aber durch eine meisterhafte Nachforschung, daß man allein die beiden gasigen Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, erlangt, wenn man jede Vorsicht getroffen hat, die Reinheit des Wassers sich zu sichern, welches man der Wirkung des Galvanismus aussetzen will.

47. Bei diesen Versuchen ergab es sich, wenn man Neutralsalze in einer Auflösung durch Volta'sche Elektrizität zersetzte, daß der saure Theil sich auf dem positiven Drahte an denselben Punkten anhäufte, wo die Herausziehung des Sauerstoffes stattfand, während die Basen, erdige, alkalinische oder metallische zugleich in demselben Augenblick mit dem Wasserstoff an den negativen Draht übertragen wurden. Die beste Art der Darstellung dieser Zersetzungen besteht darin, daß man zwei Schalen entweder von Glas, oder Achat oder Gold nimmt; die in diesen Schalen enthaltenen Flüssigkeiten werden durch wenige Fasern feuchten Asbestes verbunden und der Wirkung einer Volta'schen Batterie ausgesetzt. Enthält die Flüssigkeit eine auflösbare Salzzusammensetzung, z. B. schwefelsaure Soda oder gemeines Glaubersalz, und wird

das Verfahren eine genügende Zeitlang fortgesetzt, so sammelt sich das Salz in der positiven Schale und das Alkali in der negativen. Auch ist keine beträchtliche Auflösbarkeit in dem Körper nothwendig, welcher in den Strom gebracht wird, um dessen Zersetzung durch Galvanismus zu bewirken. Zwei Schalen von festem schwefelsauren Kalk, die reines Wasser enthielten, wurden durch faserigen schwefelsauren Kalk verbunden, der mit reinem Wasser befeuchtet war und der Volta'sche Strom hindurchgesandt. Nach einer Stunde wurden die Flüssigkeiten genau untersucht und man fand, daß die negative Schale eine reine und gesättigte Auflösung von Kalk, zum Theil mit einer Kalkkruste bedeckt, enthielt, während die positive Schale mit einer mäßigstarken Auflösung von Schwefelsäure gefüllt war. Schwefelsaurer Strontianit und flußsaurer Kalk, demselben Vorgang ausgesetzt, gaben ein ähnliches Resultat; schwefelsaure Baryterde ließ sich wegen ihrer größeren Unlösbarkeit schwerer zersetzen, allein die Schwierigkeit wurde zuletzt überwunden. Die Analyse mehrer Mineralien, deren Zusammensetzung weit verwickelter war, wurde durch diese Anwendung Volta'scher Elektrizität sehr erläutert, welche die Ausziehung aller Säure und alkalinischer Stoffe, die sie enthielten, bewirkte.

48. Zur Erzeugung dieser Wirkungen ist es unwesentlich, in welchem Theile der flüssigen Linie des Stromes der zersetzbare Körper liegt. Dies ergibt sich, stellt man drei Schalen Seite bei Seite in einer Linie und verbindet sie (Fig. 19.) mit nassem Asbest. Man thue eine Auflö-

Fig. 19.

sung von schwefelsaurer Pottasche oder von einem anderen Neutralsalze in die mittlere Schale und einen blauen Auf-

guß von Kohl in die andere. Wird diese Flüssigkeit in den Strom der Volta'schen Batterie gebracht, indem man die Drähte und die Flüssigkeit der äußeren Schale einführt, so sammelt sich die Schwefelsäure oder eine andere Säure in der positiven Schale und macht den blauen Aufguß roth, während das Alkali in die entgegengesetzte Schale übergeht und den blauen Inhalt grün färbt.

49. Wenn die metallischen Auflösungen der zersetzenden Kraft des Galvanismus ausgesetzt werden, so findet sich eine Ablagerung des Metalles, meist in der Form kleiner Krystalle an dem negativen Drahte und ein Oxyd wird auch darum abgelagert; die Säure aber geht wie zuvor in die positive Schale über. Diese Wirkung findet sich bei Auflösungen von Eisen, Zink und Zinn, so wie bei anderen mehr oxydirbaren Metallen.

50. Wenn eine Auflösung von salpetersaurem Silber auf die positive Seite und destillirtes Wasser auf die negative gebracht wird, so wird der ganze verbindende Asbest mit einem dünnen metallischen Häutchen von Silber bedeckt. Wir haben diese Angaben genau mitgetheilt, weil sie mehr oder weniger in den Flüssigkeiten stattfinden, welche die Zellen der Batterie einnehmen und einen beträchtlichen Einfluß auf die Veränderung und zuletzt auf die Verderbung des Instrumentes üben.

51. Erscheinungen von einer außerordentlichen Natur, boten sich Sir H. Davy in der weitern Verfolgung dieser Untersuchungen dar. Er entdeckte, daß die Elemente zusammengesetzter Körper vermittelst des Einflusses elektrischer Strömungen durch Auflösungen von Substanzen hindurchgeführt wurden, auf welche sie unter andern Umständen eine unmittelbare und gewaltige chemische Wirkung hätten üben müssen, ohne daß eine solche Wirkung erzeugt wurde. Säuren z. B. wurden von einer Schale, die mit den negativen Polen in Verbindung stand, zu einer Schale auf der positiven Seite durch eine Flüssigkeit in einer zwischenstehenden Schale geführt, welche eine der Pflanzenaufgüsse enthielt, die durch Gegenwart einer Säure sogleich roth werden, ohne daß die geringste Veränderung der Farben statt fand. Dasselbe geschah bei Alkalien. Wenn drei Schalen wie zuvor (Fig. 19.) aufgestellt und mit einander durch eine Reihe nasser Baumwolle verbunden werden, wobei die mittlere Schale und die

nächste zur positiven Seite der Batterie mit einem blauen Aufguß von Kohl, oder von Lackmus gefüllt ist, und indem die der negativen Seite nächste Schale eine Auflösung von schwefelsaurer Soda enthält, so wird man bald nach Stellung derselben in den Volta'schen Strom eine rothe Färbung nur im Wasser der positiven Schale erblicken, welches stark säuerlich wird. Somit ist es klar, daß die so übertragene Säure durch die Flüssigkeit in dem mittlerem Gefäße hindurch gegangen sein muß, ohne auf die gefärbte Auflösung beim Durchgange Einfluß geübt zu haben. Kehrt man die Verbindungen mit den Polen der Batterie um, so wird eine ähnliche Uebertragung des Alkalis stattfinden. Dasselbe wird sich in dem gefärbten Wasser der negativen Schale sammeln, das dadurch grün wird; der zwischenliegende Theil der Füssigkeit wird aber weder in diesem noch im andern Fall eine Spur des Stoffes zeigen, welcher durch ihn unter dem Einfluß der Elektrizität hindurchgegangen ist.

52. Keine Vereinigung unter ähnlichen Umständen findet sich zwischen Säuren und Alkalien, wenn einer dieser chemisch wirkenden Stoffe vermittelst Volta'scher Elektrizität durch den andern geleitet wird, vorausgesetzt die Zusammensetzung, die sie durch ihre Vereinigung bilden, bleibt auflösbar; sollte nämlich die Zusammensetzung unauflösbar sein, so tritt die Vereinigung ein und das Produkt auf den Boden fallend, wird der Wirksamkeit des elektrischen Stromes entzogen. Wenn man für eine Grundlage mechanischer Stützung sorgt, wodurch diese Entziehung in Bezug auf den Volta'schen Einfluß verhindert wird, so läßt sich die Uebertragung bisweilen fortsetzen, obgleich der Körper eine feste Form erhalten hat; so wird Magnesia oder Kalk, an feuchtem Asbest von der positiven zur negativen Seite übergehen; wird aber ein Gefäß mit reinem Wasser dazwischen gestellt, so erreichen sie nicht das negative Gefäß, sondern sinken zu Boden. In gleicher Weise ging das Silber, wenn salpetersaures Silber auf der positiven und destillirtes Wasser auf der negativen Seite war, wie wir schon gesehen haben, an den übertragenden Fasern des Asbestes hin, so daß es denselben mit einem dünnen Metallhäutchen bedeckte.

53. Wenn die in denselben Volta'schen Strom gestellten Flüssigkeiten nicht durch Flüssigkeiten, sondern durch Metallstücke, z. B. Drähte, verbunden sind, so finden die be-

schriebenen Wechsel in jedem abgesonderten Theile der Flüssigkeit statt, wobei jede Metalloberfläche abwechselnd die Verrichtungen einer positiven und negativen Polarität ausübt, je nachdem sie ihren Platz im Umlauf des elektrischen Stromes hat. Diejenigen Theile, in welche die Elektrizität eindringt, besitzen Eigenschaften, welche denen der negativen Drähte oder Pole der Batterien entsprechen und diejenigen, welche der Elektrizität den Ausgang gestatten, wirken als positive Drähte. Die ersten sammeln um sich die verschiedene Basen neutraler und metallischer Salze und den zersetzten Wasserstoff des Wassers, die letztern sammeln den Sauerstoff und Zusammensetzungen, worin der Sauerstoff vorherrscht, z. B. Säuren.

54. Die Zersetzung der Alkalien und Erden, welche diese glänzende Reihe von Entdeckungen krönte, ist in Bezug auf die Theorie nur ein besonderes Beispiel der allgemeinen oben angegebenen Thatsache, daß verbrennbare Stoffe zum negativen Draht geführt werden und daß Sauerstoff sich am positiven entwickelt. Verschiedene andere Anwendungen der Volta'schen Batterie sind zum Zwecke anderer chemischen Zersetzungen gemacht worden. Schwefelsäure wurde dadurch in Sauerstoff und Schwefel verwandelt; Phosphorsäure gibt gleicher Weise Sauerstoff und Phosphor; Ammonia trennt sich in Wasserstoff und Stickstoff, mit einem kleinen Verhältniß Sauerstoff. Oele, Alkohol und Aether lagern unter dem Einfluß einer gewaltigen Batterie Kohle ab und lassen Wasserstoff oder kohlenhaltigen Wasserstoff entweichen. Wir würden uns jedoch zu tief in Chemie einlassen, im Falle wir diesen Gegenstand noch weiterhin darlegten.

§. 6. Physiologische Wirkung des Galvanismus.

Die Wirkung der Volta'schen wie der gemeinen Elektrizität auf ein lebendiges Thier, äußert sich hauptsächlich auf die Verrichtungen des Nervensystems. Dies zeigt sich in der Hervorbringung einer Empfindung, in der Erregung der Muskelzusammenziehung und in Veränderung der Erzeugnisse der Absonderung.

56. Wenn ein beträchtlicher Theil des menschlichen Körpers einen Theil des Stromes einer Volta'schen Säule oder Batterie bildet, so wird ein besonderer Schlag jedes-

mal empfunden, sobald man eine Verbindung mit den Polen der Vorrichtung herstellt, vorausgesetzt, die Haut, durch welche der elektrische Strom hindurch muß, ist genügend feucht, um denselben durchzulassen, denn im gewöhnlichen trockenen Zustande der Oberhaut ist sie kaum für eine so niedrige Elektrizität empfänglich, wie sie der Galvanismus äußert. Die wirksamste Methode, die ganze Kraft der Batterie zu empfangen, besteht darin, daß man beide Hände mit Wasser, oder noch besser, mit einer Auflösung von Küchensalz benetzt und in jeder Hand einen silbernen Löffel hält; der Umlauf des Stromes wird dann vervollständigt, indem man den einen Pol mit dem einen, und den anderen mit dem anderen Löffel berührt. Eine andere Art besteht darin, daß man einen Finger jeder Hand in zwei besondere, mit Wasser gefüllte Gefäße taucht, worin sich die Enden der beiden Drähte der Batterie befinden. Der aus der Volta'schen Säule erhaltene Schlag ist dem einer schwach geladenen elektrischen Batterie sehr ähnlich. Zwanzig Paar genügen, um einen Schlag zu ertheilen, den man mitunter in den Armen fühlt; bei 100 Paaren dehnt er sich zur Schulter aus.

57. Unabhängig von dem Schlag, welchen man beim ersten Eindruck der Volta'schen Elektrizität von der Maschine aus erhält, ist der fortgesetzte Fluß des elektrischen Stromes durch den Körper, so lange sich derselbe in seinem Umlauf befindet, mit einem fortgesetzten Schmerze verbunden; geht der Strom durch einen äußeren Theil ohne Oberhaut, so erregt er ein starkes brennendes Gefühl, welches sich, wenn die ausgesetzte Oberfläche groß ist, immer mehr steigert, bis es zuletzt beinahe unerträglich wird. Dieses schmerzhafte Gefühl empfindet man, sobald ein Schnitt, eine Verbrennung oder Abhäutung, wenn auch noch so unbedeutend, sich auf dem Wege des elektrischen Stromes findet; er läßt sich diesen Theilen sogar durch ein einziges Paar Platten in galvanischer Verbindung erregen. Volta hat beobachtet, daß der Schmerz auf den empfindlichen, in dem Umlauf des Stromes enthaltenen Körpern, an der negativen Seite der Säule stärker ist, d. h. stärker an demjenigen Theile des Körpers, wo die Elektrizität eintritt, wie dort, wo sie hinausgeht, eine Thatsache, die man auch in Bezug auf den stechenden Schmerz des gewöhnlichen elektrischen Funkens beobachtet hat.

58. Den Eindruck, den die Volta'sche Elektrizität auf

einige Nerven des Gesichtes macht, wenn dieselben sich in deren Strome befinden, ist mit der Empfindung eines lebhaften Lichtblitzes verbunden. Die einfache Anwendung eines Zink- und eines Silberstückes auf die Zunge oder die Lippen, veranlaßt häufig im Augenblick der Berührung der Metalle diese Empfindung eines Lichtblitzes; die sicherste Weise aber, diesen Eindruck zu erhalten, besteht darin, daß man eine Silbermünze so stark wie möglich zwischen Oberlippe und Zahnfleisch drückt, oder daß man eine Silbersonde in die Nase steckt, während man zugleich ein Zinkstück auf die Zunge legt und dann die beiden Metalle in Berührung bringt. Eine andere Weise besteht darin, daß man eine Zinkfolie in das Augenlied bringt, so daß sie einen Theil des Augapfels bedeckt, und einen silbernen Löffel in den Mund nimmt, der durch einen Draht von genügender Länge mit der Zinkfolie in Verbindung steht, oder umgekehrt, daß man die Zinkfolie auf die Zunge legt, eine Silbersonde in den inneren Winkel des Auges bringt, und die Berührung wie zuvor herstellt. Der aus der Wirkung der Säule in dieser Weise hervorgehende Lichtblitz ist sehr gewaltig, und sind die Platten zahlreich, so wird der Versuch dem Gesicht bleibenden Schaden zufügen. Dieser Versuch wird offenbar durch einen der Netzhaut oder dem Sehnerven mitgetheilten Eindruck erzeugt, und entspricht der Wirkung eines Schlages auf das Auge, der bekanntlich das Gefühl eines hellen Lichtfunkens erzeugt, das von der wirklichen Gegenwart des Lichtes gänzlich unabhängig ist. Der Blitz des Galvanismus wird auf gleiche Weise empfunden, ob die Augen offen oder geschlossen sind, oder ob man den Versuch beim Tageslicht oder im Dunkeln anstellt. Wenn die Pupille des Auges bei Erzeugung dieser Wirkung von einer andern Person beobachtet wird, so sieht dieselbe, wie sich jene im Augenblick zusammenzieht, worin die Metalle in Berührung kommen. Ein Lichtblitz auch wird im Augenblick erblickt, worin man die Metalle wieder trennt.

59. Der besondere Geschmack, welcher empfunden wird, wenn man Metalle an verschiedene Theile der Zunge legt, und mit einander in Berührung bringt, ist bereits angegeben worden. Für den Erfolg des Versuches ist es nothwendig, daß die Oberfläche der Zunge feucht ist; wird aber die Zunge vorher sehr trocken gewischt, so wird die Wirkung beträchtlich gemindert, und ist gar nicht zu merken, wenn die Oberfläche gänzlich trocken ist. Die Eigenschaft des auf

die Zunge gelegten Metalls bedingt die Art des empfundenen Geschmackes. Die mehr oxydirbaren Metalle schmecken sauer, die weniger oxydirbaren herb oder alkalinisch. Aehnliche Unterschiede hat Berzelius, in Bezug auf die Empfindungen in der Zunge bei gemeiner Elektrizität beobachtet, die aus einem spitzen Leiter in einem Strom auf diese Organe gerichtet wurden; der Geschmack der positiven Elektrizität war sauer, der der negativen brennend und alkalinisch. Dieser Umstand würde beweisen, daß der Geschmack in den galvanischen Versuchen von der wirklichen Gegenwart der Säuren und Alkalien stammt, die aus der chemischen Zersetzung der Salze im Speichel durch galvanische Thätigkeit entstehen, und daß er nicht bloß die Wirkung eines unmittelbaren Eindrucks des elektrischen Stromes auf den Zungennerven bildet.

60. Wenn der Strom der Volta'schen Elektrizität einen Nerven entlang geht, der durch Muskeln freiwilliger Bewegung vertheilt ist, so gerathen diese Muskeln in heftige Zusammenziehungen krampfhafter Art. Wie wir schon gesehen haben, führt eine Beobachtung dieser Art zu Entdeckung des galvanischen Einflusses. Die Muskeln eines Frosches sind auch wirklich für diesen Einfluß sehr empfindlich, und deßhalb am passendsten zur Darstellung dieser Erscheinung bei sehr schwacher galvanischer Kraft. Die Empfindlichkeit einiger Thiere, welche zur Klasse der Würmer gehören, ist ebenfalls sehr groß. Wenn man eine größere Silbermünze auf eine Zinkplatte legt, und einen lebendigen Blutegel auf die Silbermünze thut, so wird er kein Zeichen von Unbehagen geben, so lange er nur in Berührung mit dem Silber bleibt; sobald er aber seinen Kopf ausstreckt, so daß er das Zink berührt, krümmt er sich plötzlich wieder zurück, als habe er einen empfindlichen Schlag empfangen. Ein Regenwurm wird dieselbe Art Empfindlichkeit zeigen, und dieselbe äußert sich noch deutlicher bei der Nais, einem Wasserwurm. Humboldt fand, daß die Lernæa und sogar Tænia (Bandwurm) und Ascaris (Spulwurm), sowie andere Arten von Eingeweidewürmern ihre Bewegungen beim Einfluß des Galvanismus beschleunigten, welcher auch schnell ihr Leben vernichtete. Gewaltige Schläge Volta'scher Batterien sind nicht weniger für kleine Thiere unmittelbar tödtlich, wie Entladungen aus einer gewöhnlichen elektrischen Batterie. Kleine Thiere werden leicht durch Entladungen getödtet, die keine augenblickliche bedeutende Wirkung auf größere Thiere üben würden.

61. Krampfhafte Bewegungen lassen sich durch Galvanismus in den Muskeln eines Thieres nach dessen Tod hervorrufen, so lange sie ihre Zusammenziehbarkeit behalten. Diese Wirkungen werden sehr auffallend, wenn man große Thiere zum Versuch aussetzt und wenn man gewaltige Batterien gebraucht. Wenn man zwei Drähte, die mit den Polen einer Batterie von hundert Platten verknüpft sind, in die Ohren eines Ochsen oder Schafes einbringt, wann der Kopf vom Rumpfe des lebenden Thieres kürzlich getrennt ist, so zeigen sich sehr starke Wirkungen in den Gesichtsmuskeln, so oft der Strom vollständig hindurchgeht. Die Zuckungen sind so allgemein, daß der Zuschauer einen Eindruck erhalten kann, als sei das Thier dem Leben zurückgegeben und den heftigsten Leiden ausgesetzt. Die Augen öffnen und schließen sich freiwillig; sie rollen in den Höhlungen umher, als seien sie mit Gesicht wiederbegabt worden; die Pupillen werden weit auseinander gezogen; die Nasenlöcher schwingen sich, als röchen sie und die Bewegung des Kauens wird von den Kiefern nachgeahmt. Die krampfhaften Bewegungen der Glieder bei kürzlich getödteten und galvanisirten Pferden waren bald nach dessen Tödtung so gewaltig, daß die Kraft verschiedener Personen erforderlich wurde, dieselben zurückzuhalten.

62. Es ist nutzlos, in den Einzelnheiten ähnlicher Versuche einzugehen, die in Hospitälern an abgenommenen Gliedern oder an Körpern von Verbrechern bald nach ihrer Hinrichtung gemacht wurden; eine große Zahl desselben sind in Turin an den Opfern der Guillotine gemacht worden, und in England erzeugte Aldini, indem er mit einer beträchtlichen Anzahl Platten auf den Körper eines in Newgate hingerichteten Verbrechers einwirkte, ähnliche Wirkungen wie die beim Schafe und Ochsen beschriebenen, die aber hier einen furchtbaren Eindruck machen mußten, weil sie dem stärksten Ausdruck menschlicher Leidenschaft und menschlicher Leiden erzeugten.

63. Muskeln deren Bewegungen, wie die des Herzens nicht unter Einfluß des Willens stehen, erleiden durch den Galvanismus leichteren Eindruck, wie die Muskeln freiwilliger Bewegung, allein Fowler, Vassali, Humboldt, Nysten und Andere haben zur Genüge bewiesen, daß sogar diese Muskeln sich durch gehörige Anwendung dieser Kraft zusammenziehen lassen.

64. Zu den merkwürdigsten und bisher unerklärten physiologischen Wirkungen des Galvanismus gehören die auf die Verrichtung der Absonderungen, hauptsächlich des Magensaftes, einer Flüssigkeit, welche wesentlich zur Verdauung mitwirkt; allein diese Gegenstände gehören mehr in die Physiologie wie in vorliegende Schrift.

Fünftes Kapitel.

Theorie des Galvanismus.

65. Die verschiedenen Versuche, die mehre Male zur Erklärung der Erscheinungen des Galvanismus vermittelst der Gesetze der gewöhnlichen Elektrizität gemacht wurden, haben im Allgemeinen nicht viel Erfolg gehabt und die Theorie ist sogar noch jetzt beträchtlich ungewiß und dunkel. Bis jetzt ist noch keine bestimmte oder genügende Erklärung von der Natur der Kraft gegeben, welche ursprünglich den elektrischen Zustand der verschiedenen Theile der Volta'schen Vorrichtung stört und die erste Quelle galvanischer Kraft bietet. Lange Zeit war die Vermuthung vorherrschend, diese Kraft sei dieselbe, wie diejenige, welche die Entwickelung der Elektrizität während der Berührung ungleicher Metalle entstehen läßt, eine Thatsache, deren hauptsächliche begleitenden Umstände in der Abhandlung über Elektrizität dargestellt worden ist (203). Im Verhältniß aber wie eine ausgedehnte Bekanntschaft mit den Erscheinungen uns die Mittel darbot, eine genauere Analyse vorzunehmen, zeigte sich diese Theorie, welche man die elektrische nannte, als ungenügend und man nimmt jetzt als bestimmt an, daß die ursprüngliche Wirksamkeit in der Entwickelung der Elektrizität durch die Kraft chemischer Anziehung geboten wird. Diese letztere Ansicht hat zu einer Theorie geführt, welche man die chemische des Galvanismus nennen kann.

66. Jede wissenschaftliche Theorie muß eine allgemeine Thatsache zur Grundlage haben, welche eine Menge von untergeordneten Erscheinungen begreift, die sich mehr oder

weniger aus ihr folgern lassen. Die chemische Theorie des Galvanismus nimmt folgende als die allgemeine Thatsache an: die chemische Wirksamkeit zwischen einem flüssigen und einem festen Körper sei stets mit der Störung des elektrischen Gleichgewichtes verbunden; in Folge dessen entwickle sich ein gewisser Betrag Elektrizität oder werde mit andern Worten von einem gebundenen, (verborgenen, latenten) in einen freien oder thätigen verwandelt. Die Verknüpfung zwischen elektrischen und chemischen Verbindungen ist in Wirklichkeit so innig, daß die chemische Wirksamkeit sich nur auf eine gewisse Ausdehnung erstrecken kann, wenn nicht das gestörte elektrische Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Die Oxydirung metallischer Körper, d. h. ihre Verbindung mit Sauerstoff ist besonders mit der Entwickelung großen Betrages Elektrizität begleitet. Diese Thatsache, mit der Vermuthung Franklins in Uebereinstimmung gebracht, begreift die Herausziehung elektrischer Flüssigkeit aus dem Zink und deren Uebertragung auf das flüssige Produkt der Verbindung; wird sie aber in die Sprache der Vermuthung einer doppelten Flüssigkeit übertragen, so ist sie als die Trennung zweier Elektrizitäten durch chemische Wirksamkeit und die Entbindung der Harz- oder negativen Elektrizität in der Richtung des Zinkes, und der Glas- oder positiven Elektrizität in der Richtung der oxydirten Flüssigkeit zu verstehen. Um jedoch Verwirrung zu vermeiden, werden wir fortfahren, bei der einfachsten dieser Vermuthungen zu bleiben, und nur die Zustände und Bewegungen der positiven Elektrizität beachten (§. 4).

67. Wir wissen, daß die zwei leitenden Körper, wie Zink und Säure, der eine im negativen und der andere im positiven elektrischen Zustand beharren, obgleich sie in Verbindung stehen; dies ist aber eine Thatsache, welche durch eines der Gesetze gewöhnlicher elektrischer Erscheinungen sich nicht erklären, oder mit andern Worten, sich nicht auf eine allgemeinere Thatsache zurückführen läßt. Wir müssen es gegenwärtig der zukünftigen Untersuchung überlassen, durch welche Eigenthümlichkeit in den Umständen bei den Veränderungen chemischer Zusammensetzungen, das elektrische Gleichgewicht bleibend gestört wird und worin das unbekannte Hinderniß für dessen Wiederherstellung besteht. Eine ähnliche Schwierigkeit, welche sich in dem Fall der Elektrizität die durch Berührung entsteht, darbietet, ist schon in der Abhandlung über Elektrizität dargethan worden. (Elektr. 204.)

68. So lange die chemische Wirkung ihren Fortgang hat, wird die Uebertragung von Metall zur Flüssigkeit fortgesetzt; die Schnelligkeit des Vorgangs findet aber ein Hinderniß in dem Umstande, daß alle Wirksamkeit aufhört, sobald sich der übertragene Betrag so aufgehäuft hat, daß er einen gewissen Grad der Stärke erreicht, welcher meist nur niedrig ist; die chemischen Verwandtschaften werden alsdann durch eine sich entgegensetzende elektrische Kraft im Gleichgewicht erhalten werden. In Folge jedoch allmähliger Einsaugung der Elektrizität durch das Metall von dem umgebenden Körper her, und in Folge der allmähligen Zerstreuung der überflüssigen Elektrizität, wird dieser Zustand niemals erreicht, oder besteht nicht lange wenn er erreicht ist, und die chemische Verwandtschaft setzt ihre Wirkungen weiter fort, obgleich langsamer, als würde ihr Verfahren durch die elektrische Kraft nicht geleitet; wenn aber andererseits ein bereitliegendes Durchgangsmittel dem Strom der Elektrizität aus der Flüssigkeit, wo sie sich aufgehäuft hat, zum Metall, wo sie mangelhaft ist, durch Zwischenstellungen guter Leiter geboten wird, so ist das Hinderniß für weitere Uebung chemischer Verwandtschaft zwischen beiden Körpern entfernt, und die Wirkung wird mit weit größerer Kraft vor sich gehen. Dies ist genau dasjenige, was durch galvanische Verbindungen geschieht. Ein Metall, wie Silber, Gold, Kupfer oder Platina, welches für Oxydirung durch die angewandte Flüssigkeit nicht empfänglich ist, wird an dieselbe angewandt, sammelt daraus überflüssige Elektrizität, wird dann mit dem Zink oder mit dem Metall in Berührung gebracht, worauf die Flüssigkeit einwirkt, theilt ihm diese Elektrizität mit und stellt so fortwährend das elektrische Gleichgewicht sogleich, nachdem es gestört worden ist, wieder her. Wir finden somit, daß die Oxydirung des Zinkes unter diesen Umständen, d. h. so oft der Umlauf des galvanischen Stromes vervollständigt ist, mit erneuter Thätigkeit wieder beginnt, aber aufhört oder wenigstens langsamer vor sich geht, so oft der Strom unterbrochen ist.

69. Um eine umfassendere Ansicht über den Gegenstand zu erhalten, können wir folgende als die Zustände angeben, die wesentlich für galvanische Wirksamkeit sind. Erstlich wird die Gegenwart von drei Elementen erheischt, die wir mit dem Namen A Z C bezeichnen. Zwischen den zwei ersten A und Z muß eine chemische Verwandtschaft vorhanden sein, welche Verbindung und Entwicklung der Elektrizität zu er=

zeugen vermag, während dieselbe Wirksamkeit, oder wenigstens derselbe Grad Wirksamkeit nicht zwischen dem dritten Elemente C und einem der früheren geübt wird. Zweitens ist es nothwendig, daß einer der zwei ersten Körper, als welchen wir Z uns denken wollen, ein fester Körper ist, und daß er einen hohen Grad Leitungsvermögen in Bezug auf Elektrizität besitzt.* Da es ein allgemeines Gesetz der Chemie ist, daß keine chemische Thätigkeit zwischen zwei Körpern stattfinden kann, wenn nicht einer dieser Körper in flüssigem Zustand sich befindet, so folgt, daß, wenn Z ein fester Körper ist, A ein flüssiger sein muß; andererseits kann der Körper C fest oder flüssig sein. Drittens ist es erforderlich, daß alle drei Körper in gegenseitiger Berührung stehen, so daß sie eine Art kreisförmiger oder kettenartiger Anordnung bilden, wie dies Fig. 20 dargestellt ist. Wenn alle diese Bedingungen

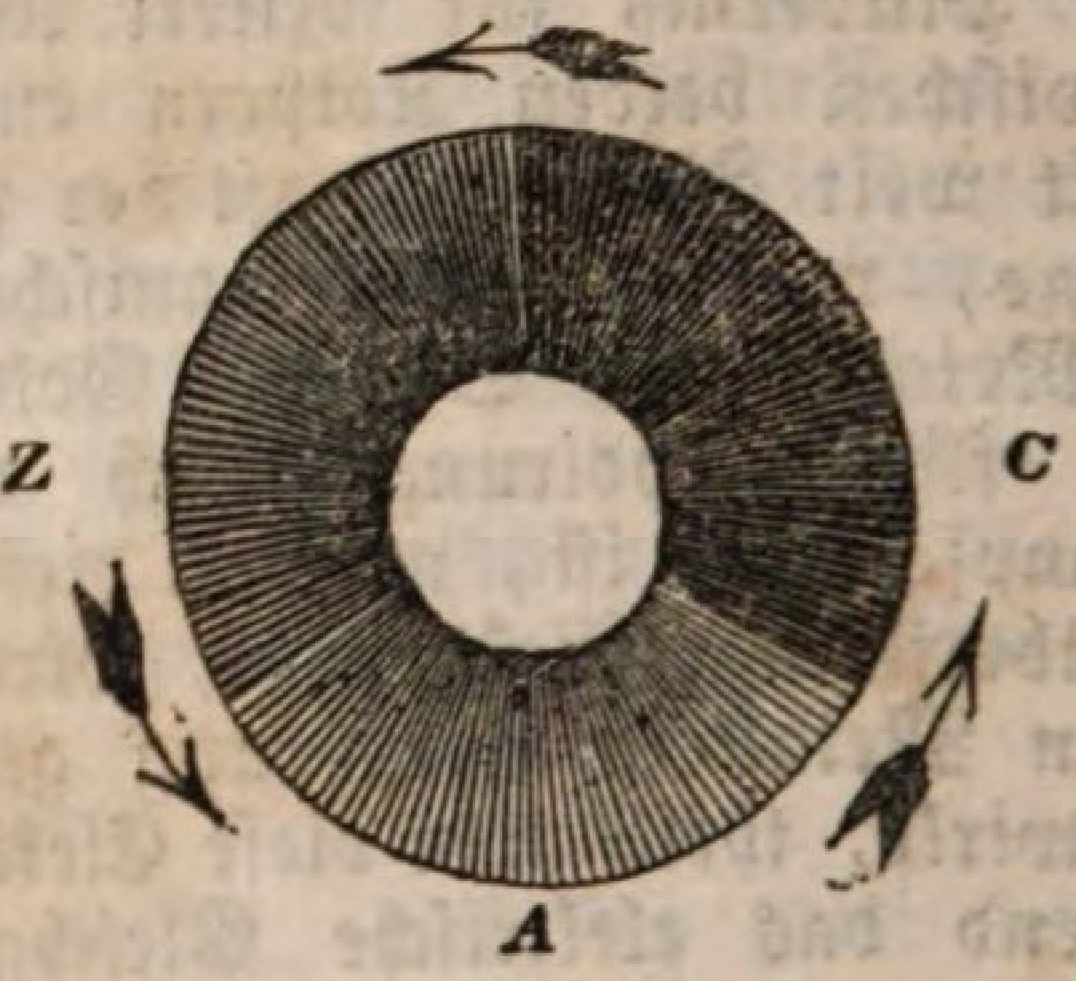

Fig. 20.

erfüllt sind, so findet man, daß ein fortwährender Strom von Elektrizität sich in einer bestimmten Richtung durch die so gestellten Körper ergießen wird, so lange die chemische Wirksamkeit fortdauert. Sind die Körper Z A C Zink, Säure

* Sir H. Davy hat bewiesen, daß die chemische Wirksamkeit zwischen zwei Flüssigkeiten, ob noch so stark, von keiner Störung des elektrischen Gleichgewichtes begleitet ist.

und Kupfer, so ist die Berührungsoberfläche zwischen Z und A diejenige, auf welche die chemische Wirksamkeit, und folglich auch die Entwicklung der Elektrizität stattfindet, denn C läßt sich betrachten, als bilde es nur den Theil eines Leiters dieser Elektrizität zwischen A und Z; und der Strom wird in der Richtung seinen Fortgang haben, welcher in der Richtung der Pfeile in der Figur dargestellt ist, d. h. von A nach C und C nach Z.

70. Der Betrag der Elektrizität, die sich so entwickelt und deren Strom zum Umlauf gelangt, wird von einer Menge von Umständen abhängen, z. B. Ausdehnung der Oberflächen in chemischer Wirksamkeit, Leichtigkeit der Ueberlieferung u. s. w. — Ursachen, deren Wirkung wir später untersuchen werden. Allein ihr Grad der Stärke oder Spannung, wie man es oft nennt, wird durch andere Ursachen und besonders durch die Stärke der chemischen Thätigkeit bedingt. In einer einfachen galvanischen Kette ist sie nothwendig gering, da sie durch die Natur des Vorgangs beschränkt ist, der sie den Ursprung verdankt und gegen den sie in gewisser Hinsicht im Gegensatz steht. Sie läßt sich jedoch durch Vereinigung der Kraft mehrer Ketten steigern, wie dies bei der Volta'schen Säule und Batterie geschieht. Nimmt man die gewöhnliche Muldenbatterie als Beispiel und folgt man den verschiedenen Stufen des Vorgangs, so findet man, daß die Elektrizität, welche die Flüssigkeit in der ersten Zelle von der ersten Zinkplatte, die ihrer Wirksamkeit dargeboten ist, erhält, von der Kupferplatte, die zum zweiten Paare gehört, aufgenommen und zur zweiten Zinkplatte übertragen wird, womit sie in Verbindung steht. Diese zweite Zinkplatte, da sie so einen größern Theil Elektrizität wie ihren natürlichen Antheil erhalten hat, kann somit auch eine stärkere chemische Thätigkeit erleiden wie es sonst für sie möglich sein würde; daher theilt sie einen größern Betrag Elektrizität der Flüssigkeit in der zweiten Zelle mit. Dieser vermehrte Betrag wird wieder auf das nächste Paar Platten überliefert und befähigt die dritte Zinkplatte, eine noch größere chemische Wirksamkeit als die vorhergehende zu üben, und so erzeugt jede nachfolgende Abwechslung eine verhältnißmäßige Vermehrung sowohl in Betrag wie in der Stärke der entwickelten Elektrizität.

71. Die einfachsten Ketten sind diejenigen, worin keine chemische Wirksamkeit zwischen den Körpern A und C oder zwischen C und Z sich vorfindet und wo die Kraft des elek=

trischen Stromes alsdann einfach im Verhältniß zur Kraft der chemischen Wirksamkeit zwischen A und Z stehen muß. Allein entweder A und C oder C und Z können auch eine chemische Wirksamkeit auf einander üben und alsdann hängt es von der Natur dieser Wirksamkeit ab, ob die dadurch erzeugte elektrische Kraft sich entgegensetzt oder mit derjenigen zusammenwirkt, welche aus der Thätigkeit zwischen A und Z entsteht. Sind beide Wirkungen derselben Art, z. B. oxydirende, so stehen die elektrischen daraus hervorgehenden Kräfte mit einander in Gegensatz; während nämlich die eine den Strom von Z nach A treibt, werden die andern dahin streben, ihn von C nach A oder von Z nach C, d. h. in entgegengesetzter Richtung zu treiben. Die wirksame Kraft zur Forttreibung der Elektrizität (elektromotive Kraft) wird in allen diesen Fällen der Differenz zwischen beiden, die sich so entgegengesetzt sind, gleich sein. Sind andererseits die chemischen Wirkungen zwischen A und C oder zwischen Z und C in ihren elektrischen Richtungsneigungen der von Z und A entgegengesetzt, so werden sie der entwickelten Elektrizität einen Anstoß in derselben Richtung geben und die sich ergebende Kraft zur Forttreibung der Elektrizität wird somit der zusammenwirkenden Kraft gleich sein.

72. Wir haben gesehen, daß das dritte Element C sowohl ein fester wie flüssiger Körper sein kann und wir können deßhalb die galvanische Ketten in zwei Arten unterscheiden, je nachdem C die eine oder andere dieser Formen hat. In der ersten besteht der Strom aus zwei festen und einem flüssigen Körper, im zweiten aus einem festen und zwei flüssigen Körpern. Unter den festen Elementen, welche galvanische Verbindungen eingehen können, sind die wirksamsten Metall und Kohle; von den flüssigen Elementen sind es diejenigen, welche eine gewaltige chemische Wirkung auf die ersteren üben, z. B. Mineralsäuren, alkalinische Auflösungen, Schwefelverbindungen, Auflösungen von Neutralsalzen und Wasser, welches Sauerstoff oder atmosphärische Luft enthält. Die Stärke der galvanischen Kraft hängt von der Stärke der chemischen Wirkung ab und kann niemals erregt werden, wenn die letztere Bedingung fehlt. So entwickelt Gold und Silber keinen galvanischen Einfluß, wenn es in Berührung mit reinem Wasser steht, das chemisch auf keines dieser Metalle einwirken kann, allein die Hinzufügung von Salpetersäure oder einer anderen durch Silber zersetzbaren Flüssigkeit zum Wasser ruft zugleich einen thätigen galvanischen Strom hervor.

73. In Bezug auf die dem elektrischen Strom durch die chemische Wirkung zweier Körper gegebene Richtung können wir das allgemeine Gesetz aufstellen, von welchem sich nur wenig Ausnahmen finden, daß die Elektrizität von dem festen nach dem flüssigen Körper gerichtet wird, welcher auf dasselbe chemisch einwirkt. Dies haben wir in dem schon so oft erwähnten Beispiel der Zusammenstellung von Zink, Säure und Kupfer gesehen. Eine andere und sehr gewöhnliche Art, dieselbe Sache auszudrücken, besteht darin, daß man sagt, das Zink werde in Bezug auf das Kupfer positiv, und das Kupfer in Bezug auf das Zink negativ. In diesem Sinn, d. h. in Beziehung auf die Wirkung der Säuren und anderer oxydirender Flüssigkeiten ist jedes oxydirbare Metall positiv in Bezug auf ein Metall, welches in geringerem Grade oxydirbar ist. Um vorher eine Wirkung der Verbindung zweier Metalle zu einer galvanischen Kette mit einer Säure zu bestimmen, ist es deßhalb zweckmäßig, die Metalle in der Ordnung ihrer Oxydirbarkeit zusammenzustellen. In dieser Absicht hat Sir H. Davy folgenden Katalog gegeben:

Potassium und seine Amalgamas.	Blei.
Barium und seine Amalgamas.	Kupfer.
Zinkamalgama.	Silber.
Zink.	Palladium.
Cadmium.	Tellurium.
Zinn.	Gold.
Eisen.	Kohle.
Bismuth.	Platina.
Antimonium.	Iridium.
	Rhodium.

74. In einer galvanischen Anordnung von drei Körpern mit Säuren ist also jedes Metall in der genannten Liste positiv gegen alle diejenigen, welche folgen, und dies ist um so mehr der Fall, je mehr die beiden Metalle in der Stufenleiter auseinanderstehen. So wird Zink und Eisen einen schwächeren Strom bilden wie Zink und Silber; Zink und Platina bildet dagegen einen stärkeren Strom. Es ist jedoch zu bemerken, daß die genaue Ordnung, worin die Metalle sich in einer Stufenreihe wie der genannten befinden, in Bezug auf die angewandte Säure nicht durchaus richtig ist und nicht einmal immer auf den besonderen Grad der Ver-

dünnung paßt, den man der Säure ertheilt hat. Wir finden nämlich kleine Abweichungen in dem Verhältniß der Metalle zu verschiedenen Säuren oder sogar zu derselben Säure in verschiedenen Zuständen der Concentration.

75. Wendet man alkalinische Auflösungen als das flüssige Wirkungsmittel statt der Säuren an, so beobachtet man dieselbe allgemeine Ordnung unter den Metallen in Bezug auf ihre gegenseitigen elektrischen Verhältnisse. Die hauptsächlichste Ausnahme findet sich in Bezug auf Eisen, welches hier als in der Mitte zwischen Kupfer und Silber angegeben ist. Eine Verbindung von Kupfer und Eisen wird durch Eintauchung in eine Säure eine Kette bilden, worin die Elektrizität vom Eisen zur Säure, von dort zum Kupfer und von dort zum Eisen geleitet wird, d. h. das Eisen wird in Bezug auf das Kupfer positiv. Wirkt man aber auf dieselbe Verbindung von Eisen und Kupfer durch eine alkalinische Auflösung und vorzugsweise durch Ammonia ein, so wird das Eisen negativ in Bezug auf das Kupfer; hier nämlich ist die chemische Wirkung der Flüssigkeit auf das Kupfer stärker wie auf das Eisen, und die Elektrizität erhält deßhalb ihre Richtung vom Kupfer zur Flüssigkeit und nicht vom Eisen, wie dies im ersteren Fall geschah. Dasselbe Ergebniß erlangt man, wenn man Zinn in Verbindung mit Kupfer und Ammonia gebraucht.

76. Bei Auflösung von Wasserschwefel nehmen die verschiedenen Metalle beinahe dieselbe Ordnung in Beziehung auf elektrische Verhältnisse wie bei Säuren ein; einige Ausnahmen finden sich jedoch, wie folgendes Verzeichniß von Sir H. Davy gegeben, darlegt:

Zink.	Silber.
Zinn.	Platina.
Kupfer.	Palladium.
Eisen.	Gold.
Bismuth.	Kohle.

Hiebei ist zu bemerken, daß Kupfer auch positiv in Bezug auf Eisen ist, so daß, wenn diese beiden Metalle nebst der Auflösung von Wasserschwefel ein Umlaufsmittel für den elektrischen Strom bilden, derselbe in entgegengesetzter Rich-

tung zu demjenigen geht, welche stattfindet, wenn dieselbe Verbindung von Metalle in Säure eingetaucht wird.

77. Man braucht kaum zu bemerken, daß alles, was in Bezug auf einfache galvanische Ketten gesagt ist, sich auch auf zusammengesetzte anwenden läßt, ob dieselben die Form einer Säule oder einer Muldenbatterie haben mögen.

78. Wir haben zunächst die zweite Klasse galvanischer Ketten zu betrachten, nämlich derjenigen, welche aus einem festen Körper und zwei Flüssigkeiten bestehen.

Die Ordnung, welche in diesem Fall von den drei Elementen der Kette eingenommen wird, läßt sich durch dieselbe Zeichnung wie vorhin (Fig. 20) darstellen. Z bezeichnet alsdann den festen Körper, A die wirkende Flüssigkeit und C die leitende Flüssigkeit. Da man die beiden Flüssigkeiten trennen muß, so kann man sie in besondere Geschirre eingießen, und kann eine umgekehrte Röhre, die einem Heber gleicht, als Verbindungsmittel brauchen, welche mit einer leitenden Flüssigkeit gefüllt, von der einen zur anderen übergeht. Sir H. Davy brauchte zu dem Zweck bei mehren seiner Versuche nasse Asbestfasern statt der Röhre. Zwei Platten desselben Metalls sind alsdann in die Flüssigkeit zu tauchen, und durch Drähte oder Streifen desselben Metalls in Verbindung zu setzen.

79. Sir H. Davy hat drei Arten Ketten der zweiten Klasse beschrieben. Die erste und schwächste besteht aus einzelnen Metallplatten, die in solcher Weise angeordnet sind, daß zwei ihrer Oberflächen mit verschiedenen Flüssigkeiten in Berührung stehen, wovon die eine Metall zu oxydiren vermag und die andere hiezu nicht befähigt ist. Zink, Säure und Wasser, welche in der Zeichnung die Stellen Z A C einnehmen, lassen sich als Beispiele aufstellen; man wird hieraus sehen, daß der einzige Unterschied zwischen dieser Anordnung und der Anordnung der anderen Klasse in der Ersetzung des Kupfers durch Wasser besteht; die Verrichtung jedes dieser Theile aber ist wesentlich dieselbe, nämlich daß sie die Elektrizität einfach zwischen den beiden anderen Elementen leitet. Da das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten dem der Metalle aber sehr untergeordnet ist, so sind die elektrischen Aeußerungen weit schwächer, wie in den Ketten der ersten Art, und lassen sich wirklich kaum bemerken, wenn man nicht mehre oxydirbare Metalle, z. B. Zinn und Zink

anwendet. Gewaltige Wirkungen aber lassen sich erlangen, wenn man mehre solcher Ketten in eine Säule oder Batterie zusammenbringt. Um ein Instrument der ersteren Art zu bilden, ließ Sir H. Davy Stücke von polirtem Zinn, ungefähr von 1 Quadratzoll und $1/_{20}$″ dick, mit wollenen Tuchlappen derselben Größe über einander häufen, wovon einige mit Wasser, andere mit verdünnter Salpetersäure befeuchtet waren. Folgende Ordnung wurde dabei beobachtet: Zinn, Säure, Wasser u. s. w. Hiebei ist zu bemerken, daß man das mit Säure benetzte Tuch unter das mit Wasser benetzte legen muß; da nämlich die Säure specifisch schwerer wie Wasser ist, so wird keine Mischung sich ergeben. Zwanzig solche Abwechslungen werden eine Batterie erzeugen, welche schwach auf die Sinnesorgane einwirkt und langsam das Wasser zersetzt. Wird Zink als Metall gebraucht, so muß man wegen seiner schnellen Oxydirung in Wasser, welches atmosphärische Luft enthält, drei Tuchstücke brauchen; das erste ist mit einer schwachen Auflösung von Wasserschwefelpottasche zu benetzen, welche das Zink nicht angreifen kann, und deßhalb verhindert, daß Wasser darauf einwirkt; das zweite muß mit schwefelsaurer Pottasche angefüllt sein, welche eine größere specifische Schwere hat, wie die Auflösung von Wasserschwefel; das dritte muß mit einer oxydirenden Flüssigkeit, z. B. mit einer Säure, benetzt sein, welche specifisch schwerer ist als die beiden ersteren. In diesem Fall ist die Ordnung, geht man aufwärts, folgende: Zink, oxydirende Auflösung, Auflösung von schwefelsaurer Pottasche, Auflösung von Wasserschwefelpottasche. So wird eine sehr geringe Mischung von Flüssigkeiten oder chemische Wirkung zwischen denselben stattfinden. Eine Abwechslung von zwölf Reihen dieser Art bildet eine Batterie, welche eine sehr merkbare galvanische Wirkung erzeugt. Die Richtung des elektrischen Stromes ist, wie gewöhnlich, vom Zink zu der oxydirenden Flüssigkeit.

80. Man hat oft bemerkt, daß Porterbier aus einem Zinnkruge getrunken, schärfer schmeckt, wie aus einem Glas. Robison schrieb dies dem Einfluß des Galvanismus zu, der sich durch die Kette des Metalles und zweier verschiedener Flüssigkeiten bildete. Er glaubte, daß eine Seite des Zinnkruges der Wirkung des Speichels an der Lippe ausgesetzt ist, während die andere Seite des Metalles von dem Biere berührt wird. Die Kette wird vollständig, wenn das Bier in Berührung mit der Zunge kömmt.

81. Die zweite Art galvanischer Verbindungen mit einem einzigen Metall, besteht aus einer Reihe von Platten eines Metalles, worauf Schwefelwasserstoff einwirken kann; dasselbe steht in Verbindung mit Auflösungen von Wasserschwefel auf der einen und Wasser auf der anderen Seite, welche regelmäßig mit einander abwechseln. Unter diesen Umständen erzeugt sich ein Strom Elektrizität, welcher dem früheren durchaus entgegengesetzt ist, indem die Oberfläche der metallischen Platte in Berührung mit der Schwefelauflösung positiv und in Berührung mit der Säure negativ wird. Acht Reihen bringen sehr merkbare Wirkungen hervor. Kupfer, Silber und Blei können diese Verbindung bilden. Ihre Thätigkeit findet sich in der Ordnung, wie sie hier aufgezählt wurde, d. h. die des Kupfers ist die größte, die des Bleies die geringste.

82. Ein bekanntes Beispiel von der Wirkung des Galvanismus in Beförderung der Verbindung des Schwefels mit Silber, findet sich in der Anwendung eines silbernen Löffels, wenn man den Dotter eines Eies ißt; es entsteht eine galvanische Kette der zweiten Art durch den Dotter, welcher Schwefel enthält, durch den silbernen Löffel und durch den Speichel der Zunge.

83. Die dritte Art der Verbindungen vereinigt die Kraft der beiden ersteren, und besteht aus einem einfachen Metall, worauf man an der einen Seite durch eine Säure und auf der anderen durch Wasserschwefel einwirkt. Hier läßt sich Kupfer, Silber oder Blei gebrauchen, und die Ordnung von deren Vermögen ist dieselbe, wie in dem vorhergehenden Beispiele. Die Säule läßt sich in derselben Weise, wie die Säule mit Zink in der ersten Verbindungsart errichten; die mit Säure befeuchteten Tuchstücke werden von denen mit der Auflösung von Wasserschwefel befeuchteten durch ein zwischenliegendes Tuchstück getrennt, das in einer Auflösung schwefelsaurer Pottasche eingeweicht ist. Drei Platten Kupfer oder Silber, die in dieser Weise angeordnet sind, erzeugen erkennbare Wirkungen; eine Säule von 12—13 Reihen kann schwache Schläge ertheilen und Wasser schnell zersetzen. Der Strom der Elektrizität hat die Richtung wie in früheren Fällen.

84. Man kann eine bleibendere Wirkung diesen Verbindungen eines Metalles mit zwei Flüssigkeiten ertheilen, wenn man die Platten in ähnlicher Weise, wie in der Mulde

von Cruickshank, mit Abtheilungen aufstellt, die abwechselnd aus Horn und Glas bestehen, und deren Zellen abwechselnd mit den verschiedenen Auflösungen je nach Art der Verbindung gefüllt sind; diese Flüssigkeiten sind alsdann durch Streifen nassen Tuches verbunden, welches über die leitenden Platten geführt ist.

85. Wirksame galvanische Ketten lassen sich auch durch ein einfaches Metall und dieselbe auflösende Flüssigkeit bilden (z. B. eine Säure), vorausgesetzt, die Wirkung der letzteren ist durch verschiedene Stärke an den beiden Seiten des Metalles verschieden. Enthält z. B. der Schenkel einer Röhre, welche in Form eines V gebogen ist, conzentrirte Schwefelsäure, während die Säure in verdünntem Zustand den anderen Schenkel einnimmt, in welchem Fall die beiden Flüssigkeiten sich wegen ihrer verschiedenen specifischen Schwere mit einander nicht vermischen werden — taucht man ferner zwei Stücke desselben Metalles, z. B. Zink, in diese Flüssigkeiten und setzt sie mit einander in Verbindung, so wird sich galvanische Elektrizität entwickeln, und vom Metall zu der verdünnten Säure gerichtet werden — letzteres, weil die Wirkung dieses Theiles der Säure auf das Zink größer ist, wie die der conzentrirten. Bei denjenigen Metallen aber, worauf die letztere mehr einwirkt, wie die erstere, wird die Wirkung der conzentrirten Säure vorherrschen, und der Strom wird eine entgegengesetzte Richtung erhalten. Auf gleiche Weise hat man beobachtet, daß zwei Auflösungen Küchensalz, die eine conzentrirt, die andere verdünnt, eine galvanische Kette mit Kupfer bilden; dies Metall erleidet stärkeren Einfluß von letzterer, wie von ersterer, und wurde deßhalb an der einen negativ und an der anderen positiv.

86. Die Anwendung dieser Grundsätze erklärt eine Menge scheinbar regelwidriger Thatsachen, die sich fortwährend im Laufe von Versuchen dargeboten haben. Sir H. Davy bemerkte z. B., daß keine Thätigkeit stattfand, wenn man zwei Stücke desselben polirten Kupfers in demselben Augenblick in dieselbe Auflösung von Wasserschwefelpottasche einbrachte, wie man dies auch erwarten konnte; brachte man sie aber hinter einander ein, so zeigte sich eine bestimmte, und wenn der Zeitraum beträchtlich war, eine heftige, elektrische Wirkung; das zuerst eingetauchte Metallstück wurde in Bezug auf das andere negativ. Dies beruht auf der schnellen Bildung von Schwefelkupfer auf der Berührungsoberfläche;

ersteres verhindert oder vermindert wenigstens durch seine Gegenwart die weitere Wirkung der Flüssigkeit; die reine Oberfläche der zuletzt eingebrachten Platte wird deßhalb mit verhältnißmäßig größerer Kraft angegriffen und bestimmt die galvanische Wirkung. Viele merkwürdige und scheinbar sonderbare Veränderungen elektrischer Zustände finden sich in diesem und anderen Versuchen derselben Art, so oft neue Stoffe durch chemische Wirkung erzeugt werden, die sich zuerst an das Metall hängen, aber in kleineren oder größeren Theilen sich ablösen und so eine plötzliche Veränderung im Zustand der galvanischen Elemente erzeugen.

87. Nachdem wir dargethan haben, wie man unter gewissen Umständen gewisse galvanische Verbindungen mit einem einzigen Metall und einer einzigen Flüssigkeit bilden kann, sind noch die Versuche anzugeben, wodurch man dieselbe Wirkung ohne Beihülfe einer metallischen Substanz oder sogar der Kohle hervorzurufen sich bemüht hat. Lagrave machte bekannt, daß er eine Säule mit galvanischer Wirkung hervorgebracht habe, indem er abwechselnde Lagen von Muskeln und Hirn aus einem Menschenkörper mit Stücken feuchten Tuches oder Leders gebildet hatte. Baconio aus Mailand bildete eine galvanische Säule gänzlich aus Pflanzenstoff, nämlich aus Scheiben rother Runkelrüben von 2″ Durchmesser, und Scheiben von Wallnußholz derselben Größe, dem er das Harz durch Digestion in einer Auflösung von Cremor Tartari benommen hatte. Mit einer so gebauten Säule und einem Blatt Löffelkraut als Leiter soll er bei einem Frosche galvanische Zuckungen erregt haben. Auch gelang es Aldini, dieselbe Wirkung ohne metallische Stoffe hervorzubringen, indem er bisweilen den Nerv eines Thieres mit dem Muskel eines anderen in Verbindung brachte, oder anderemale die Nerven und Muskeln desselben Thieres anwandte. In einigen seiner Versuche wurden die gewaltigsten Zusammenziehungen erregt, indem er die Theile eines warmblütigen Thieres mit denen eines kaltblütigen in Berührung brachte. Z. B. bei Einbringung des Fingers einer Hand, der mit einer Auflösung von Salz benetzt war, in das Ohr eines frischgeschlachteten Ochsen und durch das Halten eines präparirten Frosches in der andern, fanden sich Zuckungen in dem Gliede des Frosches, als dessen Rückgrat mit der Zunge des Ochsen in Berührung gebracht war. Auf gleiche Weise erzeugte er Zuckungen, wenn er einen präparirten mit Salzauflösungen genetzten Frosch in einer Hand hielt und die Beinnerven des

Thieres an die Spitze seiner Zunge brachte. Viele dieser Versuche geschahen in Gegenwart der Mitglieder einer Untersuchungscommission, welche das französische Institut eingesetzt hatte, und sie sind seitdem mit Erfolg zu London im anatomischen Theater wiederholt worden.

88. Es ist bekannt, daß mehre Fische, z. B. der Zitterrochen (Torpedo), der elektrische Aal (Gymnotus electricus), ferner der Silurus electricus einiger afrikanischen Flüsse, auch der Trichiurus Indicus und Tetraodon electricus des indischen Oceans das Vermögen besitzen, elektrische Schläge Thieren, welche sie berühren, zu ertheilen oder dieselben durch elektrische Leiter zu übertragen. Anatomische Nachforschung hat erwiesen, daß dies Vermögen Organen eigenthümlichen Baues einwohnt. Im Zitterrochen bestehen sie aus einer großen Menge scheitelrechter und paralleler häutiger Platten, die in länglichen Säulen viereckiger, fünfeckiger oder sechseckiger Form mit einem losen Netzwerk sehniger Fasern angeordnet sind, die quer und schräg zwischen den Säulen laufen und dieselben fest vereinigen. Jede Säule ist ferner durch eine große Zahl dünner Horizontalabtheilungen gesondert, die in sehr kleinen Entfernungen über einander liegen und viele Zwischenräume bilden, die eine Flüssigkeit zu enthalten scheinen. Alle diese Theile erhalten Vorrath von einer Menge Blutgefäßen und einer noch außerordentlicheren Menge Nerven.

89. In der regelmäßigen Anordnung dieser Platten haben diese Organe eine bestimmte Aehnlichkeit mit einer Volta'schen Batterie; wir wissen jedoch nichts von der Quelle, woraus sie elektrische Eigenschaften erhalten. Cavendish verglich die Wirkung des Zitterrochens mit der einer schwach geladenen elektrischen Flasche, und Volta betrachtete sie als noch mehr einer galvanischen Säule entsprechend. Sir H. Davy ließ in der Absicht, sich über die Richtigkeit von Volta's Vergleich zu überzeugen, die Schläge vermittelst einer unterbrochenen Kette von Silberdraht durch Wasser hindurchgehen, konnte aber nicht die geringste Zersetzung dieser Flüssigkeit bemerken. Davy auch überzeugte sich, daß die von einem Zitterrochen gegebenen Schläge, sogar wenn sie sehr stark waren, keine Wirkung auf einen sehr empfindlichen magnetischen Elektrometer äußerten; er erklärt dies durch die Vermuthung, daß die Bewegung der Elektrizität im Organ des Zitterrochens in keiner meßbaren Zeit geschieht und des fortlaufenden

Stromes entbehrt, welcher für die Erzeugung magnetischer Wirkung erheischt wird.

90. Geoffroy St. Hilaire fand einen organischen Bau, dem des Zitterrochen ähnlich, in anderen Fischen des Rochengeschlechts, die jedoch keine elektrische Gewalt besitzen.

91. Elektrische Wirkungen lassen sich auch durch eine Säule, die mit Metallplatten in der gewöhnlichen Ordnung mit zwischenliegenden Scheiben Schreibpapier gebildet ist, erlangen. Diese Art Säulen hat de Luc erfunden, der ihr den Namen elektrische Säule ertheilte. Sie läßt sich aus Papierstücken, die an einer Seite mit einem Silberplättchen überzogen sind, das mit Zinkplättchen abwechselt, errichten, wobei man jedoch Sorge tragen muß, daß die übersilberten Oberflächen der Papierscheiben immer in derselben Richtung bleiben. Eine sehr große Zahl derselben läßt sich in einer Glasröhre von mäßiger Länge, die vorher gut getrocknet ist, enthalten, nachdem deren Enden mit Siegellack verschlossen und mit einem messingenen Deckel versehen sind. Ein sehr großes Instrument dieser Art ist von Singer verfertigt und bestand aus 20,000 Reihen. Jedes der beiden Enden oder Pole der Säule äußert Wirkung auf den Elektrometer und zeigt elektrische Anziehung und Abstoßung; die Vorrichtung kann sogar Funken geben und Schläge beträchtlicher Kraft mittheilen, besitzt aber kein sichtbares Vermögen chemischer Zersetzung, wenn sie an Flüssigkeiten mit unterbrochener Kette angebracht wird. Stellt man zwei aufrechte elektrische Säulen Seite an Seite mit ihren Polen in entgegengesetzten Richtungen und verbindet sie an den oberen Enden, während eine kleine Schelle an das untere Ende geheftet ist, so wird das Ganze wie eine Säule wirken und jede Schelle wird in Folge elektrischer Wirkung abwechselnd durch eine Messingkugel angeschlagen werden, die zwischen ihnen hängt, und so wird sich ein fortwährendes Läuten erzeugen, so lange die Maschine thätig bleibt, was meist eine beträchtliche Zeit dauert. Diese Wirkung jedoch wird allein durch die Gegenwart der Näße von Feuchtigkeit in dem Papier erlangt; ist dasselbe vollkommen trocken, so findet sie nicht statt; auch wird das mehr oxydirbare Metall im Verlauf der Zeit getrübt, obgleich der Vorgang der Oxydirung nur sehr langsam von statten geht.

92. Eine Vorrichtung, welche der von de Luc ziemlich

gleicht, ist die von Hachette und Desormes mit Paaren metallischer Platten, die durch Ablagerungen von Mehlteig, welcher mit gemeinem Küchensalz gemischt ist, getrennt sind. Dieses Instrument nannten die Erfinder, obgleich es seine Wirksamkeit der Feuchtigkeit des Teiges verdankt, sehr unpassend, die trockene Säule. Sie hat dieselben Eigenschaften, wie die elektrische Säule, mit Ausnahme dessen, daß sie keinen Schlag geben kann. Eine Säule mit beinahe demselben Vermögen, ist von Zamboni in Verona mit Scheiben von Papier gebaut worden, das an der einen Seite vergoldet oder versilbert war, während die andere eine Bedeckung von pulverisirtem schwarzem Manganoxyd, mit Honig vermischt, hatte. Sowohl dies als das erstere Instrument behielt lange Zeit sein Vermögen bei.

93. Säulen, welche einfach aus Kupferscheiben und nassen Kartenblättern, beide in Abwechslung gelegen, bestehen, haben, wie Ritter erkannte, kein Vermögen, Elektrizität durch ihre eigene Thätigkeit zu entwickeln, vermögen aber eine Ladung zu empfangen, wenn man sie in die Kette einer gewaltigen Volta'schen Batterie bringt, so daß sie, wenn auch in unterem Grade, alle Eigenschaften der Batterie selbst erhalten, von welcher ihre Thätigkeit stammt. Die Eigenschaften dieser sekundären Säule, wie man sie genannt hat, sind offenbar Wirkungen einer Reihe von elektrischen Induktionen, die sich von Ende zu Ende ausdehnen, und die Vorrichtung behält die Ladung eine beträchtliche Zeit bei, vorausgesetzt, sie wird isolirt gehalten, und die Verbindungen zwischen beiden Polen wird nicht zu häufig erneut.

94. Nachdem wir so die verschiedenen Arten dargestellt haben, worin die galvanische Kraft sich erregen läßt, haben wir zunächst den Einfluß verschiedener Umstände zu untersuchen, durch welche der Betrag ihrer Stärke und Thätigkeit bedingt wird. Wir haben schon gesehen, daß die Stärke der an einer einfachen galvanischen Kette entwickelten Elektrizität in keinem Verhältniß zur Ausdehnung der Oberfläche der Elemente dieser Kette steht. Daraus folgt, daß wir, wenn wir auch den Betrag Elektrizität durch Anwendung sehr großer Platten, wie des Calorimotor, steigern mögen, aus einem solchen Instrumente keine der Wirkungen erlangen können, welche zu ihrer Erzeugung einer gewissen Kraft ebensowohl, wie eines Betrages Elektrizität bedürfen. Um letztere Wirkungen zu erlangen, müssen wir die zusammengesetzte Bat-

terie anwenden, welche aus einer beträchtlichen Zahl Abwechslungen derselben Elemente besteht. Das erstere dieser Instrumente kann somit nur solche Wirkungen erzeugen, welche von der bloßen Größe des Betrages ohne Rücksicht auf dessen Stärke abhängen, z. B. Entwicklung der Wärme, Entzündung, Verbrennung der Metalle und elektromagnetische Erscheinungen. Die zusammengesetzte Vorrichtung andererseits wird die gewöhnlichen elektrischen Erscheinungen darbieten (z. B. Funken, Anziehung und Abstoßung), auf den Elektrometer oder Condensator Eindruck machen, oder eine Leydener Flasche laden, denn bei allen diesen Wirkungen ist die Stärke der Elektrizität das wesentlichste Erforderniß, und die Kraft der Batterie auf deren Hervorbringung wird durch jede Vermehrung in der Zahl der Abwechslungen gesteigert. Es findet sich aber noch eine dritte Klasse von Aeußerungen, die dem Galvanismus besonders angehören, und die durch die Ueberlieferung des elektrischen Stromes durch Körper von untergeordnetem Leitungsvermögen stattfinden (z. B. durch Flüssigkeiten verschiedener Arten, und durch lebendige Organismen, sowohl von Pflanzen wie Thieren), die nämlich in den ersteren chemische Zersetzungen, und in der letzteren verschiedene physiologische Wirkungen, z. B. Nervenreiz, Nervenerregung, Muskelzusammenziehung und Einfluß auf Absonderung, hervorrufen. Zur Hervorbringung dieser Wirkungen ist es nicht allein erforderlich, daß die Elektrizität in Bezug auf Stärke und Betrag bedeutend ist, sondern auch daß ihr Strom keine Unterbrechung erleidet. Wegen der Schwierigkeit, letzteres Erforderniß zu erfüllen, vermag die Elektrizität einer gewöhnlichen Maschine kein Wasser in der Weise zu zersetzen, welche durch Volta'sche Elektrizität so leicht ausgeführt wird. Wegen des Mangels der Stärke andererseits können wir nicht dieselben Wirkungen vom Calorimotor erlangen, der die Bedingungen des großen Betrages und des fortlaufenden Stromes vollkommen erfüllt. Die Elektrizität, welche derselbe liefert, besitzt nicht, wie reichlich sie auch vorhanden sein mag, genügende Stärke, um das Hinderniß zu überwinden, welches die kleinste Dicke von Wasser oder anderer Flüssigkeit von geringem Leitungsvermögen darbietet. Deßhalb vermag sie nicht durch die Haut zu dringen, oder irgend einen anderen Theil des thierischen Körpers zu durchziehen, und deßhalb auch können wir weder chemische noch physiologische Wirkungen daraus erlangen. Die Elektrizität, welche die elektrische Säule von de Luc liefert, hat zwar genügende Stärke, um den Schlag und andere

Wirkungen eines plötzlichen Einflusses zu erzeugen, ist aber im Betrag zu gering, um chemische Wirkung hervorzurufen; dieselben allgemeinen Bemerkungen gelten auch von der Elektrizität des Zitterrochens.

95. Jeder Umstand, welcher den Durchgang des elektrischen Stromes durch alle Theile der Kette erleichtert, wirkt dahin, den umlaufenden Betrag zu vergrößern. Der Grad des Leitungsvermögens, den die flüssigen Theile der Kette besitzen, wird deßhalb einen wichtigen Einfluß auf das Vermögen der Vorrichtung haben. Daher erhöht die Hinzufügung verschiedener Salzkörper zur Flüssigkeit die Wirksamkeit einer Volta'schen Batterie, wahrscheinlich, indem sie wenigstens theilweise das Leitungsvermögen der Flüssigkeit steigert. Da aber solche Stoffe im Allgemeinen chemische Wirksamkeit befördern, so ist es immer etwas zweifelhaft, welcher Theil der Wirkung der einen oder andern dieser Ursachen zuzuschreiben ist.

96. Da das flüssige Element der Kette dasjenige ist, welches das geringste Leitungsvermögen besitzt, so wird der elektrische Strom dadurch aufgehalten, daß er durch eine beträchtliche Ausdehnung von Flüssigkeit hindurchgeht. Um die Thätigkeit der Batterie zu vermehren, muß man die zwei Metalloberflächen Z und C einander sehr nähern, so daß die Entfernung, welche die Elektrizität von einem zum andern durch die Flüssigkeit zurückzulegen hat, so klein wie möglich wird; und aus demselben Grunde muß die Oberfläche von C, welches die Elektrizität aus der Flüssigkeit ansammelt, eine genügende Ausdehnung haben, um dies vollständig auszuführen. Daraus erkennen wir den Grund des Vortheils, den man durch Anwendung einer doppelten Kupferplatte an jeder Zinkplatte in der gewöhnlichen Muldenbatterie erlangt, wie Wollaston vorgeschlagen hat, wodurch jede Oberfläche des Zinks, worauf die Flüssigkeit einwirkt, eine gegenüberliegende Kupferoberfläche erhält; ferner auch desjenigen Vortheils, der durch Einhüllung einer jeden Windung der Zinkplatte des Calorimotors durch eine Windung einer Kupferplatte entsteht. Marianini hat diesen Grundsatz noch weiter ausgedehnt, und gefunden, daß die höchste Wirkung statt hat, wenn die Oberfläche des Kupfers nicht weniger wie achtmal größer wie die des Zinkes ist.

97. Es findet sich noch eine andere Ursache des Hinder-

nisses der Bewegung eines elektrischen Stromes eigenthümlicher Art, die sehr beträchtliche Wirkungen hervorbringt. Aus den Versuchen von August de la Rive ergibt es sich, daß die Volta'sche Elektrizität, wenn sie aus einem leitenden Körper in einen andern verschiedener Art übergeht, einiges in ihrer Stärke verliert. Der Betrag dieses Verlustes wechselt sehr in verschiedenen Fällen nach der Natur der zwei Leiter und ist nach verschiedenen Graden der Stärke verschieden. Geht die Elektrizität von einer Flüssigkeit zu einem Metall oder umgekehrt, so ist der Verlust sehr groß, und ist sogar merkbar, wenn sie von einer Flüssigkeit zur andern oder einen gemischten Leiter entlang geht, der aus zwei festen Körpern verschiedener Art besteht. Das Hinderniß, welches aus dem bloßen Wechsel des Leiters besteht, ist von dem besondern Leitungsvermögen des einen oder andern Stoffes, durch welchen die Elektrizität hindurchgeht, abhängig. De la Rive fand z. B., daß ein weit größeres Hinderniß beim Durchgang der Elektrizität zwischen Schwefelsäure, besonders wenn dieselbe conzentrirt ist, und Platina, wie zwischen Salpetersäure und demselben Metall stattfindet; leitet man folglich den elektrischen Strom aus einer Volta'schen Batterie durch eine Anzahl von besonderen Gläsern voll Schwefelsäure, die durch Bögen von Platinadraht verbunden sind, so erwies sich derselbe als weit schlechterer Leiter, wie bei Salpetersäure in derselben Anordnung. Das Leitungsvermögen jeden Systemes zusammengesetzter Leiter wurde auf der Stelle gleich, wenn man die Enden der Platinadrähte in Salpetersäure tauchte, bevor dies in Schwefelsäure geschah.

98. Im Allgemeinen ist die Verminderung der Stärke, welche beim Durchgang der elektrischen Ströme durch flüssige Leiter eintritt, um so geringer, je bereitwilliger ein Metall Einfluß von flüssigen Leitern erleidet. Nach de la Rive ist es ein allgemeines Gesetz, daß der Einfluß des Hindernisses, der dem Durchgang der Elektrizität von einer Flüssigkeit zu einen festen Leiter, unabhängig von der chemischen Wirkung, geboten wird, von solcher Art ist, daß dasjenige Metall, welches die Elektrizität mit dem geringsten Verlust von Stärke überliefert, positiv in Bezug auf das andere wird, wenn zwei Metalloberflächen, entweder derselben oder verschiedener Art, in eine Flüssigkeit so getaucht sind, daß sie eine galvanische Kette bilden.

99. Der Einfluß dieser hemmenden Ursachen wechselt

auch mit der Stärke des Stromes selbst. Der Verlust der Elektrizität beim Durchgang durch eine Anzahl von Metallplatten ist kaum merkbar, wenn der Strom kräftig ist, z. B. wenn er von einer Batterie mit vielen Platten ausgeht; er wird aber immer mehr erkennbar im Verhältniß wie die ursprüngliche Stärke des Stromes weniger beträchtlich ist; ferner auch ist es bemerkenswerth, daß der Strom geneigter ist, durch unvollkommene Leiter hindurchzugehen, welche einen großen Grad Widerstand zeigen, wenn er vorher eine große Anzahl Metallplatten durchlaufen hat. Dies wurde in zwei vergleichenden Versuchen erläutert, bei dessen erstem ein Strom von ursprünglich hoher Kraft vermittelst des Hindurchganges durch eine beträchtliche Anzahl Platten vermindert wurde, bis er an Stärke einem ursprünglich schwächeren gleich war, der beim zweiten Versuche eine kleinere Zahl durchlaufen hatte. Von den beiden Strömen, welche so in jeder Hinsicht scheinbar gleich gemacht waren, war nichts destoweniger der eine, der früher durch eine größere Zahl Platten gegangen war, dadurch befähigt, durch eine nachfolgende Platte mit weniger Verlust von Stärke wie der andere hindurchzugehen. Die Erscheinungen entsprachen denen, welche stattfinden würden, wenn wir uns einbilden könnten, es gäbe zwei besondere Arten elektrischer Ströme, wovon der eine ohne Unterschied durch alle Arten von Leitern, gute oder schlechte, hindurchgeht, der andere nur durch gute allein hindurchkann. Der Durchgang der Strömungen durch auf einander folgende Platten bewirkt allmählig die Trennung dieser zwei Theile, indem die Platten den einen aufhalten, welcher nicht so leicht durch schlechte Leiter gehen kann und einen freien Durchgang dem andern Theile gewähren.

100. De la Rive hat diese Theorie auf die Erklärung der verschiedenen Wirkungen angewandt, welche sich aus der Vermehrung der Zahl der Platten ergeben. Er sagt: Wenn die Säule nur aus einer kleinen Zahl Platten bestehe, so daß die dadurch erzeugte Elektrizität den oben erwähnten Vorgang der Filtration, wie man dies nennen kann, nicht erlitten habe, so vermöge nur ein Theil derselben durch einen unvollkommenen Leiter hindurchzugehen, welcher ihr dargeboten sei, der andere Theil aber werde aufgehalten; wenn dagegen ein guter Leiter dargeboten werde, so finde die ganze Elektrizität einen leichten Durchgang und erzeuge entsprechende Wirkung. Elektrizität der ersteren Art vermöge nur chemische Zersetzungen zu erzeugen und durch organische

Körper hindurchzugehen; im letzteren Fall sei sie zur Hervorbringung aller wärmeerzeugender und magnetischer Wirkungen hinlänglich. Diese Veränderung der Elektrizitäten würde, wenn die Theorie sich beweisen ließe, eine auffallende Aehnlichkeit mit denen des Lichtes und der Wärme unter ziemlich gleichen Umständen darbieten.

101. Man muß jedoch beachten, daß eine Quelle der Verminderung der Wirkung, die aus der Vervielfältigung der Oberflächen folgt, in der Uebertragung der Elemente besteht, welche in der Flüssigkeit wegen galvanischer Wirksamkeit stattfindet. Diese Uebertragung, wie Sir H. Davy bemerkt hat, insoweit sie wirklich die Ablagerung eines positiven Elementes auf der negativen Oberfläche und umgekehrt verursacht hat, übt einen unmittelbaren Einfluß, um den weiteren Fortgang galvanischer Thätigkeit aufzuhalten und hindert dieselbe vollkommen, wenn sie bis zu gewisser Ausdehnung gelangt ist. Deßhalb mindert sich die Kraft der Batterien durch die Fortsetzung ihrer Thätigkeit und hört zuletzt auf. Diese Verminderung ist schon bei den chemischen Wirkungen der einfachen galvanischen Kette angegeben worden (41).

102. Es ist offenbar, daß die verschiedenen Ursachen der Verzögerung, wie sie angegeben wurden, vor wirklichen Versuchen große Schwierigkeiten veranlassen, will man die verhältnißmäßigen Kräfte verschiedener Batterien bestimmen, welche aus verschiedenem Material zusammengesetzt sind und aus verschiedenen Zahlen der Abwechslungen in ihren Theilen bestehen.

103. Man kann nicht leicht die Art begreifen, worin die chemischen Elemente eines durch Galvanismus zersetzten Körpers zu ihren besonderen Orten im Volta'schen Strome geführt werden. So wird der Einfluß einer starken Batterie, durch Wasser geführt, diese Flüssigkeit zersetzen, obgleich die Drähte, welche die Verbindung mit den Polen bilden, beträchtlich auseinander liegen. Man kann sie sogar in besondere Geschirre thun, vorausgesetzt, die Theile Wasser, worin sie endigen, stehen durch einen mit Wasser gefüllten Heber oder sogar nur durch feuchte Fäden mit einander in Verbindung. Wir finden unter diesen Umständen, daß aller Sauerstoff des zersetzten Wassers zum positiven Drahte übertragen wird, während der Wasserstoff sich am negativen ansammelt. Hier kann man zwei Fragen aufwerfen: erstlich,

in welchem Theile der Kette findet die Zersetzung statt? zweitens, in welcher Art werden die Elemente der zersetzten Theile auf so entfernte Punkte übertragen, ohne daß eine Anzeigung ihrer Bewegung stattfindet, welche doch durch einen so langen Raum sehr schnell sein muß? Die Geschwindigkeit der Uebertragung muß nach folgendem Versuche sehr groß sein, den Roget 1807 anstellte. Die Enden zweier Platinadrähte, welche mit den Polen einer gewaltigen Batterie in Verbindung standen, wurden in zwei abgesonderte Wassergefäße eingeführt, welche durch eine lange wie ein Heber gebogene Röhre in Verbindung standen und mit einer Auflösung von Küchensalz gefüllt waren. Die ganze Länge des flüssigen Theils der Kette zwischen den zwei Drähten betrug 46″. Mikroskope wurden an den Enden der Drähte angebracht, damit man genau den Augenblick erkennen konnte, worin die Gase an ihren besonderen Drähten erscheinen würden. Kein merkbarer Zwischenraum der Zeit ließ sich aber in der Erscheinung des Sauerstoffs am positiven und des Wasserstoffs am negativen Drahte erkennen, wenn die Verbindungen mit der Batterie hergestellt waren.

104. Die Uebertragung materieller und wägbarer Stoffe wie derjenigen, welche die Elemente des Wassers bilden, müßten sogar bei mäßiger Geschwindigkeit, wie man erwarten sollte, sichtbare Strömungen in der Flüssigkeit, durch die sie hindurchgehen, erzeugen; ihre Bewegung, von welcher Kraft sie auch veranlaßt sein möge, müßte ein gewisses Moment haben, welches die Flüssigkeitstheilchen, durch die sie hindurchgeht, verrücken würde. Roget konnte jedoch keinen Strom oder keine Verrückung von Flüssigkeit, nicht einmal mit dem Mikroskop, sehen, wie dergleichen durch Bewegungen kleiner Staubtheilchen oder anderer fremdartiger im Wasser hängender Stoffe hätten angezeigt werden müssen. Wilkinson und de la Rive sind ebenfalls durch Gebrauch von Mikroskopen sehr starker Vergrößerungskraft zu demselben Schlusse gelangt.

105. Diese Erscheinungen der Uebertragung erschienen Einigen nach der gewöhnlich angenommenen Lehre von der Zersetzung des Wassers so unerklärlich, daß sie zu einer neuen Vermuthung, um die Schwierigkeit zu lösen, ihre Zuflucht nahmen. Ritter kam auf den Gedanken, Wasser sei eine einfache Substanz, welche Sauerstoff in Verbindung mit positiver Elektrizität und Wasserstoff durch ihre Vereinigung mit negativer Elektrizität bildet, und diese Theorie ward von

mehren Andern angenommen. Monge bemühte sich, die Erscheinungen durch die Voraussetzung zu erklären, daß Wasser Zusammensetzungen mit Uebermaß von Sauerstoff einerseits und Uebermaß von Wasserstoff andererseits bildet. Diese Zusammensetzungen gingen in entgegengesetzten Richtugen zwischen den beiden Drähten und eine jede lagere bei ihrer Ankunft den überflüssigen Bestandtheil ab. Bostock dachte sich, Wasser würde allein an positivem Drahte zersetzt, wo Sauerstoff entbunden war; der Wasserstoff einige sich mit der Elektrizität und werde mit ihr unsichtbar zum negativen Drahte geführt, wo diese Vereinigung sich auflöse, indem die Elektrizität durch den Draht gehe und der Wasserstoff in seiner Gasform zurückbleibe.

106. Folgende Art der Erklärung ist von Roget, die derselbe 1807 in der Naturforschergesellschaft zu Manchester vorlas: „Wir können uns denken, daß die Wirksamkeit der Elektrizität sich durch die ganze flüssige Linie ausdehnt, welche die beiden Drähte in Verbindung setzt. Der Wasserstoff in jedem Theil Wasser dieser Linie wird, wenn er positive elektrische Polarität nach Davy's Vermuthung besitzt, durch den positiven Draht abgestoßen und durch den negativen angezogen. Wir können die Reihe Theilchen Wasserstoff abgesondert von den Theilchen Sauerstoff betrachten. Während die ersteren sich durch die Wirksamkeit der Elektrizität in einer Richtung nach dem negativen Drahte zusammen bewegen, brauchen alle Theilchen, welche den Draht noch nicht erreicht haben, bloß hinter einander von einem Theilchen Sauerstoff zum nächsten der andern Reihe überzugehen. Sie werden nicht in der Form des Gases erscheinen, weil ein jedes im Augenblick, wo es das Theilchen Sauerstoff, womit es verbunden war, verlassen hat, ein anderes trifft, womit es sich vereinigt, und dieser Vorgang wird sich unaufhörlich wiederholen, bis es an das Ende der Linie gelangt, wo es keinen Sauerstoff, um sich damit zu verbinden, findet, und in der Form von Gas zum Vorschein kömmt. So sind die beiden Gase an jedem Ende nicht aus einem einzelnen Theilchen Wasser, sondern von zweien gebildet, die in dem Augenblick mit den Drähten in Berührung stehen. Die Erzeugung beider Gase wird in demselben Augenblick an beiden Orten stattfinden, indem jedes Theilchen sich nur einen Schritt, d. h. von einem Theilchen zu dem anstoßenden zu bewegen braucht, anstatt daß es die ganze Ausdehnung der Linien durchziehen muß. Ist die Theorie richtig, so würde die Wirkung

der Schwere in Begünstigung des absteigenden Stromes des schwereren Elementes, nämlich Sauerstoff, erkennbar werden; eine Beobachtung Sylvesters scheint dies zu bestätigen; wenn nämlich der Draht, der den Sauerstoff abgibt, auf eine niedrigere Fläche wie diejenige gestellt ist, welche den Wasserstoff abgibt, so ist die Wirkung merkbar größer, wie diejenige, worin die Stellungen umgekehrt sind."

107. Aehnliche Erklärungen der Uebertragungsweise sind von Henry und von Grotthus gegeben worden; aus folgender Stelle in derjenigen Schrift Sir H. Davy's, die er kurz vor seinem Tode herausgab, scheint es, daß auch dieser berühmte Chemiker ähnliche Ansichten hegte. „Nimmt man an, daß die Flüssigkeit in zwei Zonen getheilt ist, die in ihrem Vermögen den Polen der Batterie unmittelbar entgegengesetzt sind, so läßt sich annehmen, daß die eigentliche Veränderung in den beiden Enden dieser Zonen stattfindet, die dem Neutralpunkt am nächsten liegen, so daß die alkalinischen Stoffe und Wasserstoff sich durch Zersetzung und Wiederbildungen an einer Seite, und Sauerstoff, reiner oder verbundener, an der andern sich absondern. Auf diese Weise läßt sich die Elektrizität als ein Uebertragungsmittel wägbarer Stoffe betrachten, welche ihren besonderen Charakter in dem Augenblick annehmen, wo sie zum Zustande der Ruhe gelangen." Der Umstand, daß sichtbare Bewegungen sich bisweilen in flüssigen Leitern beim Durchgange des elektrischen Stromes erzeugen, ist von Sir H. Davy dargethan worden, welcher die sehr sonderbaren zuckenden Bewegungen beobachtete, in welche Quecksilber geräth, wenn es innerhalb der Kette einer gewaltigen Volta'schen Batterie gestellt wird, die durch Wasser entladen wird. Diese Bewegungen, welche häufig von heftiger und gleichsam launenhafter Art sind, haben auch Herschels Aufmerksamkeit erregt, der eine interessante Untersuchung darüber herausgegeben hat.

108. Folgende merkwürdige Thatsache ist von Porrett beachtet worden. Wenn ein Gefäß durch eine häutige Scheidewand in zwei Abtheilungen gesondert wird, von denen man die eine mit Wasser füllt, während die andere nur einen sehr kleinen Betrag enthält — wenn man ferner den positiven Draht einer Volta'schen Batterie in die erstere einfügt, und den negativen in die letztere, so wird das Wasser von der ersten Abtheilung in die zweite durch die Scheidewand hindurch getrieben, und wird zuletzt in letzterer sogar

auf eine höhere Fläche steigen wie in ersterer. De la Rive erlangte dasselbe Resultat, als er die Versuche wiederholte, indem er destillirtes oder Flußwasser, welches nur geringes Leitungsvermögen besitzt, anwandte; wenn er aber eine Salzauflösung von genügender Kraft brauchte, so ließ sich ein solcher Anstoß nicht erkennen. Die Wirklichkeit einer solchen Wirkung unter den genannten Umständen ist aber genügend, um das Dasein einer mechanischen Kraft darzuthun, welche aus dem Strome Volta'scher Elektrizität herstammt.

109. Wir hatten schon Gelegenheit zu beobachten, daß eine Theorie, die von ganz verschiedenen Ansichten über die Quellen galvanischer Kraft ausgeht, wie wir sie bisher dargelegt haben, auf die Erklärung dieser Erscheinung angewandt worden ist. Da jedoch diese, welche man die elektrische Theorie des Galvanismus nennt, von vielen ausgezeichneten Physikern angenommen wurde, so sind wir der Meinung gewesen, daß sie einen Platz in dieser Abhandlung verdienen.

110. Volta, der Urheber dieser Theorie, war der Meinung, daß die ursprüngliche Quelle der Entbindung der Elektrizität während der Wirkung einer galvanischen Vorrichtung sich aus der Berührung ungleicher Metalle herleiten läßt. Er nahm als die zum Grunde liegende Thatsache den Umstand an, daß eine gewisse Kraft, während diese Metalle in Berührung stehen, in fortwährender Wirksamkeit sich befindet, welche dahin strebt, eine Uebertragung der Elektrizität von einem Metalle zum andern zu bewirken. Diese Kraft nannte er die Elektromotion. Wenn z. B. Zink und Kupfer in Berührung stehen, so geht nach Volta die angebliche Wirkung dieser Kraft dahin, die Elektrizität aus dem Kupfer in das Zink zu treiben, so daß im letzteren ein positiver Zustand bewahrt wird, vergleicht man ihn mit dem ersteren, welches folglich selbst im negativen Zustand in Bezug auf Zink sich befinden wird. Wenn einer dieser Zustände durch Verbindung mit andern Körpern mehr zum neutralen wird, d. h., wenn die überflüssige Elektrizität des Zinks abgegeben, und der Mangel der Elektrizität im Kupfer aus anderen Ursachen ausgeglichen ist, so wird die Elektromotionskraft sogleich den Unterschied des Zustandes erneuen, und so einen fortwährenden schnellen Strom elektrischer Flüssigkeit bewahren, der stets in derselben Richtung fortgeht.

111. Es wurde ferner in dieser Theorie angenommen, daß Flüssigkeiten in Berührung mit Metallen kein elektromotives Vermögen besitzen, und daß diese negative Eigenschaft sie befähigt, die durch Zink und Kupfer entwickelte Elektrizität, welche sich im Zink aufgehäuft habe, wieder zum Kupfer zu leiten, von wo sie wieder auf das Zink übertragen werde, so daß ein fortwährender Kreislauf entstehe. Bei zusammengesetzten galvanischen Ketten, wo die elektromotive Kraft, in den Berührungsoberflächen zwischen zwei Metallen in jedem Paar von Platten inwohne, werden alle dieselbe Richtung haben und die verschiedenen Anstöße, die sie der Elektrizität gäben, würden sämmtlich dahin streben, die Wirkung zu steigern, welche deßhalb die Summe aller besonders genommenen Kräfte sein müßte. So wird ein fortwährender und gewaltiger Strom Elektrizität vom negativen zum positiven Pole der elektrischen Batterie gerichtet und sei bereit durch jede leitende Verbindungslinie hindurch zu laufen, welche sich zwischen den beiden Polen ausdehne. Die Vorrichtung der Flüssigkeit wird in dieser Theorie einfach als die der Leitung von einem Metall zum andern betrachtet; die chemische Wirksamkeit gilt als Nebenumstand, der bei der Erzeugung galvanischer Wirkungen nicht betheiligt ist. Der wirkliche Betrag Elektrizität, der sich im Umlauf befindet, wird ferner nach Volta durch den Grad des Leitungsvermögens in der Flüssigkeit bestimmt, denn es wird angenommen, daß der Betrag, den die elektromotive Kraft sogar in der kleinsten Berührungsoberfläche zwischen zwei unähnlichen Metallen in Bewegung setzen könnte, wenn nicht die Bewegung dieser Elektrizität durch die Schwierigkeit ihrer Hindurchlassung durch Flüssigkeit gehindert würde, weit größer sein müßte, wie diejenige, welche irgend eine leitende Flüssigkeit entladen kann.

112. Dies sind die allgemeinen Umrisse der elektrischen Theorie, welche man kaum in ihren verschiedenen Anwendungen zu verfolgen braucht, weil verschiedene Thatsachen vorhanden sind, welche den Folgerungen aus dieser Vermuthung so zu widerstreiten scheinen, daß wir sie unbedingt verwerfen dürfen. Chemische Wirksamkeit zwischen einigen Elementen der galvanischen Verbindung ist so unwandelbar mit der Erzeugung elektrischer Wirkung verbunden, daß alle Gesetze der Logik verletzt werden würden, wenn man nicht annehmen wollte, beide Klassen an Erscheinungen ständen mit einander in Verhältniß von Ursache und Wirkung. Der

Betrag galvanischer Wirkung befindet sich immer im Verhältniß zur Stärke der chemischen Wirksamkeit. Die Ausdehnung der Berührung zwischen beiden Metallen andererseits scheint keinen Bezug auf den Betrag Elektrizität, welcher entwickelt worden ist, zu haben. Verbindungen, welche galvanische Wirkungen erzeugen, können, wie wir gesehen haben, durch ein einziges Metall gebildet werden, wenn zwei Flüssigkeiten vorhanden sind und sogar ohne Gegenwart einer metallischen Substanz. Wir haben auch gesehen, daß dieselben Metalle nicht in allen Fällen dasselbe unwandelbare elektrische Verhältniß zu einander bewahren, sondern daß dies Verhältniß durch die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeit bestimmt wird, womit sie in Berührung stehen (75). Alle diese Thatsachen lassen sich mit der elektrischen Theorie nicht vereinigen.

113. Wäre noch eine weitere Darlegung nothwendig, um diese Theorie umzustoßen, so ließe sich ein Grund aus folgender Betrachtung entnehmen. Könnte ein Vermögen vorhanden sein, welches die von der Vermuthung ihr zugeschriebene Eigenschaft besäße, nämlich, die Eigenschaft einer Flüssigkeit einen fortwährenden Anstoß in einer bleibenden Richtung zu geben, ohne sich durch ihre Thätigkeit zu erschöpfen, so würde dies wesentlich von allen bekannten Kräften der Natur verschieden sein. Alle Kräfte und Bewegungsquellen, womit wir bekannt sind, werden bei Hervorbringung ihrer Wirkungen im Verhältniß zu denselben verbraucht, und daher entsteht die Unmöglichkeit irgend eine fortwährende Wirkung oder mit andern Worten, eine beständige Bewegung (Perpetuum mobile) zu erlangen. Die elektromotive Kraft Volta's aber würde sich nie erschöpfen, so lange kein Hinderniß ihren freien Durchlauf im Wege steht und würde somit nie aufhören zu wirken. Gegen eine solche Vermuthung sind die Wahrscheinlichkeiten unendlich.

Inhalt.

Erstes Kapitel.

Seite
Ursprung des Galvanismus 3

Zweites Kapitel.

Einfache galvanische Ketten 7

Drittes Kapitel.

Zusammengesetzte galvanische Ketten 12

Viertes Kapitel.

Wirkungen des Galvanismus 25
§. 1. Gewöhnliche elektrische Wirkungen, die aus dem Galvanismus sich ergeben 26
§. 2. Lichtwirkungen des Galvanismus 28
§. 3. Entwicklung der Wärme durch Galvanismus . . . 31
§. 4. Elektromagnetische Wirkungen des Galvanismus . . 35
§. 5. Chemische Veränderungen durch Galvanismus . . 35
§. 6. Physiologische Wirkungen des Galvanismus . . . 43

Fünftes Kapitel.

Theorie des Galvanismus 49

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Roget, Peter Mark,

Darstellung des Galvanismus

Stuttgart 1847

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Polym.45(121/138
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11112567-8